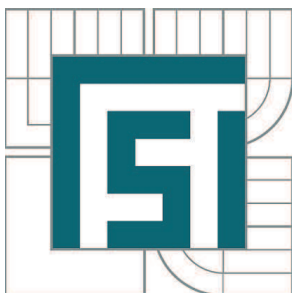


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VSTŘIKOVACÍ SYSTÉMY UŽITKOVÝCH AUTOMOBILŮ

INJECTION SYSTEMS OF COMMERCIAL VEHICLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ŠTĚPÁN CAJZL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADIM DUNDÁLEK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Štěpán Cajzl

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vstřikovací systémy užitkových automobilů

v anglickém jazyce:

Injection Systems of Commercial Vehicles

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Osvojení základních pojmů zadané problematiky. Zamyšlení nad budoucností zadaného tématu zejména v souvislosti s problematikou snižování škodlivých emisí výfukových plynů.

Cíle bakalářské práce:

Vytvoření přehledu používaných vstřikovacích systémů u předních světových výrobců užitkových automobilů. Popis jednotlivých komponentů palivového systému s uvedením jejich funkce. Vyzdvihnutí výhod a uvedení zajímavých konstrukčních řešení.

Seznam odborné literatury:

- [1] Internet
- [2] VLK, František. Příslušenství vozidlových motorů 1. vyd. Brno : Vlk, 2002. 338 s.
- [3] JINDRA, Jaromír. Palivové soustavy vozidlových vznětových motorů. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984, 192 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Dundálek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 19.11.2012



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce shrnuje informace o vstřikovacích systémech používaných u užitkových automobilů. Zahrnuje přehled jednotlivých typů vstřikovacích systémů, jejich odlišnosti v konstrukci, popis funkce a jejich klady nebo zápory. Dále je uveden přehled předních světových automobilek užitkových vozidel s uvedením použitých vstřikovacích systémů na konkrétních motorech. Závěrem je uvedeno porovnání jednotlivých systémů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vstřikovací systém, užitkový vůz, vstřikovač, Common Rail, vysokotlaké čerpadlo.

ABSTRACT

This thesis summarizes information about injection systems used in commercial vehicles. Includes an overview of different types of injection systems, their differences in structure, function description and their pros and cons. The following is a list of the world's leading automobile manufacturers of commercial vehicles, indicating the injection system on the engines. Finally, a comparison of different systems.

KEYWORDS

Injection system, commercial vehicle, injector, Common Rail, high-pressure pump.



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CAJZL, Š. *Vstřikovací systémy užitkových automobilů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 47 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Radima Dundálka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2013

.....

Štěpán Cajzl



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Radimu Dundálkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mě podporovali během studia.



OBSAH

Úvod	10
1 Stručný historický vývoj.....	11
2 Jednotlivé komponenty a popis jejich funkce.....	12
2.1 Nízkotlaká část.....	12
2.1.1 Palivová nádrž	12
2.1.2 Palivový filtr	12
2.1.3 Palivové čerpadlo	13
2.1.4 Palivové potrubí.....	15
2.2 Vysokotlaká část	15
2.2.1 Vysokotlaké vstřikovací čerpadlo	15
2.2.2 Vysokotlaký zásobník (rail).....	16
2.2.3 Vstřikovače	19
2.2.4 Vstřikovací trysky	24
2.2.5 Vysokotlaké potrubí a přípojky	26
2.3 Elektronická regulace EDC.....	28
3 Přehled vstřikovacích systémů	29
3.1 Systém UIS	29
3.2 Systém UPS	29
3.3 Common Rail	30
3.4 Generace systému Common Rail.....	31
4 Přední výrobci užitkových automobilů	38
4.1 DAF	38
4.2 IVECO	38
4.3 MAN	39
4.4 Mercedes – Benz.....	40
4.5 Renault	41
4.6 Scania.....	42
5 Budoucí rozvoj vstřikování paliva.....	44
Závěr.....	45



ÚVOD

Cílem této práce je vytvoření přehledu používaných vstřikovacích systémů u předních světových výrobců užitkových automobilů a popsat jednotlivé komponenty palivového systému s uvedením jejich funkce.

S užitkovými automobily se setkáváme v každodenním životě a nynější svět by se bez nich jen těžko obešel. Často nám usnadňují práci a jejich činnost nastupuje tam, kde lidská síla již nemá dostatečný potenciál. Tuto sílu užitkovým automobilům dodává spalovací motor, který svým vznikem sahá do více než stoleté minulosti. Za tu dobu spalovací motory prošly ohromnou proměnou a s těmi prvními mají společný pouze princip – spalování paliva ve válci, kde se objemová práce mění na mechanickou. S nezastavitelným rozmachem nejen užitkových, ale i osobních automobilů se lidé začali zabývat otázkou dopadu tohoto rozvoje na životní prostředí. Procesem hoření, u vznětových motorů nafty, vznikají škodliviny v podobě oxidů dusíku a uhlíku a to má negativní vliv nejen na kvalitu ovzduší především ve městech. Dalším souvisejícím faktem rostoucí autodopravy je zdroj výkonu motoru, v obecném případě ropa. Její světové zásoby nejsou nevyčerpatelné a se zvětšující se poptávkou roste její cena.

Všechny tyto aspekty moderní doby nutí konstruktéry k hledání nových a nových možností jak dosáhnout nižší spotřeby, menších produkováných škodlivin a v neposlední řadě k bádání nad novými zdroji této energie.



1 STRUČNÝ HISTORICKÝ VÝVOJ

Historie vstřikování paliva sahá do 20. let minulého století, kdy v roce 1923 byly vyrobeny první prototypy vstřikovacích čerpadel. Důvod pro vývoj vstřikování byl ten, že Diesellový motor pracuje na principu samovznícení za vysokého tlaku. Zdrojem stlačeného vzduchu byl kompresor, který byl těžký a nákladný. První nákladní vozidlo se vznětovým motorem a řadovým vstřikovacím čerpadlem bylo vyrobeno roku 1927, čímž započala výroba první tisícovky vstřikovacích čerpadel pro automobilku MAN. Konstruktorem tohoto čerpadla byl německý vynálezce Robert Bosch, majitel dnes dobře známé firmy. I přes počáteční nedůvěru k hlučnému a těžkopádnému chodu motoru se postupně vstřikovací čerpadla začala prosazovat a to hlavně díky úspoře paliva. Touto jednoznačnou výhodou na sebe další zákazníci nenechali dlouho čekat a během 30. let dvacátého století vybavovali již mnozí evropští výrobci své nákladní automobily, zemědělské stroje, lodní i letecké motory systémy vstřikování nafty od společnosti Bosch.

V roce 1936 byl na výstavě v Berlíně světu představen první sériově vyráběný osobní automobil poháněný vznětovým motorem se vstřikováním, Mercedes-Benz 260 D. V roce 1950 vyrobila společnost Bosch první milion vstřikovacích čerpadel a o dva roky později byla zahájena výroba osobního vozu Gutbrod Superior 600 E, který měl přímé vstřikování benzínu. Roku 1967 představila společnost Bosch první elektronicky řízené vstřikování benzínu ve voze Volkswagen 1600 TL. Firma Audi v modelu 100 TDI jako první roku 1986 použila rotační čerpadlo s elektronicky řízeným systémem vstřikování paliva. Tento systém byl označen písmeny EDC (Electronic Diesel Control).

Následný vývoj ve vstřikování paliva byl velmi rychlý; v roce 1994 zahájení sériové výroby vstřikovacího systému UIS (Unit Injector System) pro užitkové vozy. U nás známý jako "systém čerpadlo-tryska". 1995: vstřikovací systém UPS (Unit Pump System) pro užitková vozidla, známý i jako "čerpadlo-vedení-tryska". A rok 1997, kdy byl na trh uveden převratný systém Common Rail pro automobily. Tento systém je dnes nejpoužívanějším v automobilovém průmyslu pro jeho kultivovanost chodu motoru, nízkou spotřebou paliva a nízkými emisemi. Tyto výhody naprosto odsunuly výše popsané systémy a dnes máme již čtvrtou generaci Common Rail.



Obr. 1 První nákladní automobil se vstřikovacím čerpadlem [8]



2 JEDNOTLIVÉ KOMPONENTY A POPIS JEJICH FUNKCE

Vstřikovací systémy se dělí na dvě části:

- nízkotlaká část,
- vysokotlaká část.

2.1 NÍZKOTLAKÁ ČÁST

Účelem nízkotlaké části je akumulovat a následně dopravovat přefiltrované palivo do vysokotlaké části ke vstřikování při každém provozním stavu. V některých systémech je použito přídavné chlazení paliva. Je složena z následujících částí:

- palivová nádrž,
- palivový filtr,
- palivové čerpadlo,
- regulační tlakový ventil,
- nízkotlaké palivové potrubí.

2.1.1 PALIVOVÁ NÁDRŽ

K uchovávání paliva nám slouží palivová nádrž, která je vyrobená z lisovaných plechů a následně svařená. U nákladních vozidel se můžeme setkat spíše s nádržemi plechovými. Musí odolávat korozi a být konstruované na dvojnásobek provozního tlaku. Dále musí být opatřena vhodnými otvory nebo pojistnými ventily pro samovolné unikání přetlaku. V neposlední řadě, musí být naprosto těsná, aby z ní palivo při náklonech či brždění nevytékalo a i její umístění musí být provedeno tak, aby v případě nehody bylo zabráněno vznícení paliva.

2.1.2 PALIVOVÝ FILTR

Díly systému Common Rail jsou vyrobeny s vysokou přesností a jsou velmi náchylné na jakékoliv nečistoty v palivu. V osobních i užitkových vozidlech se používají dva filtry. První je tzv. předřadný a druhý hlavní. Oproti osobním automobilům se u užitkových umísťuje na výtlačnou stranu čerpadla.

Mezi hlavní úkoly filtrů patří:

- snižovat znečištění pevnými částicemi a bránit tak erozi,
- odlučovat emulgovanou a volnou vodu a bránit tak korozi.

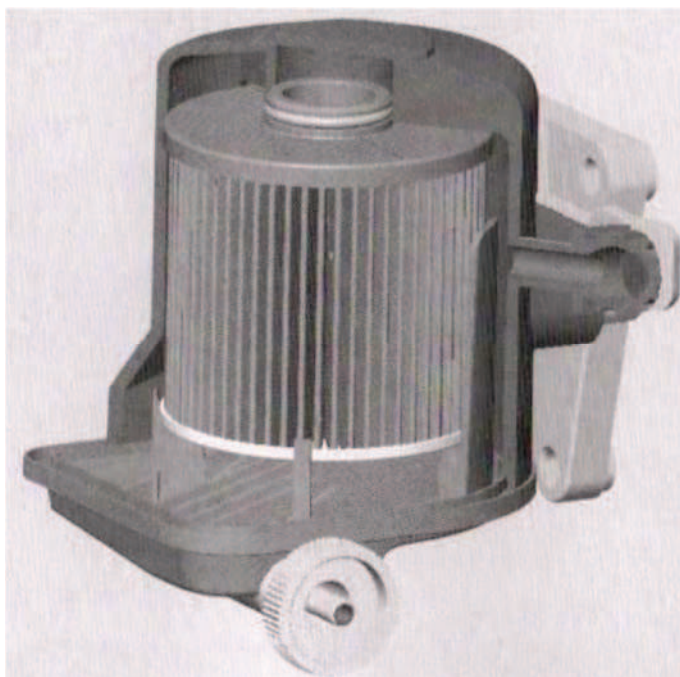
PŘEDŘADNÝ FILTR

Je většinou umístěn před podávacím čerpadlem (velikost ok přibližně 300 μ m). Spíše se dodává do zemí s horší kvalitou nafty.



HLAVNÍ FILTR

Nejčastěji je umístěn mezi podávacím a vysokotlakým čerpadlem. Po zanešení filtru můžeme vyměnit celé těleso filtru, nebo použít řešení výměny filtračních vložek filtru. Filtrační vložka je sestavena do hvězdicového tvaru kvůli zvětšení filtrační plochy a je vyrobena z papíru, plsti nebo textilie. V arktických podmínkách, kdy i zimní nafta začíná rosolovat, je výhodné instalovat do filtru elektrické přehřívání paliva. U vznětových motorů musí být umístěn vně nádrže na přístupném místě, protože zároveň plní funkci odlučovače vody.



Obr. 2 Výměnný filtr pro vznětové motory [1]

2.1.3 PALIVOVÉ ČERPADLO

Úkolem palivového čerpadla je nasávat palivo z nádrže a následně jím přes hlavní filtr zásobovat vysokotlaké čerpadlo. Jeho dopravní výkon činí 60 až 500 l/hod a dopravní tlak je 3 až 7 bar. Dle umístění čerpadla rozlišujeme dva druhy a to buď přímo v palivovém potrubí (In-line) nebo v palivové nádrži (In-tank). Dále dělíme podávací čerpadla dle pohonu na:

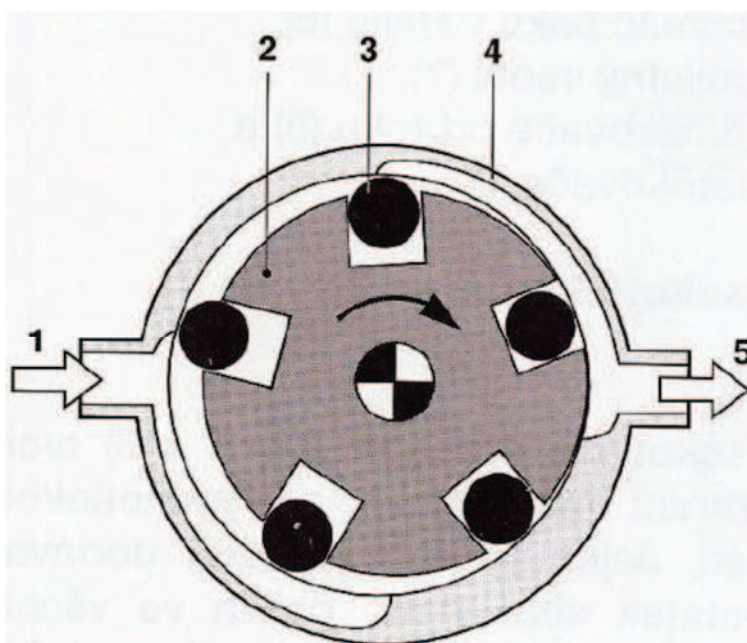
- elektrické (válečkové) palivové čerpadlo,
- mechanické (zubové) palivové čerpadlo.

U některých lehkých užitkových vozidel se můžeme setkat s kombinací obou druhů čerpadel. „Elektrické palivové čerpadlo zajišťuje zlepšený start zejména u horkého motoru, protože dopravní výkon zubového čerpadla je u zahřátého a tím řidkého paliva a nízkých otáček čerpadla snížen.“ [1]



ELEKTRICKÉ PALIVOVÉ ČERPADLO

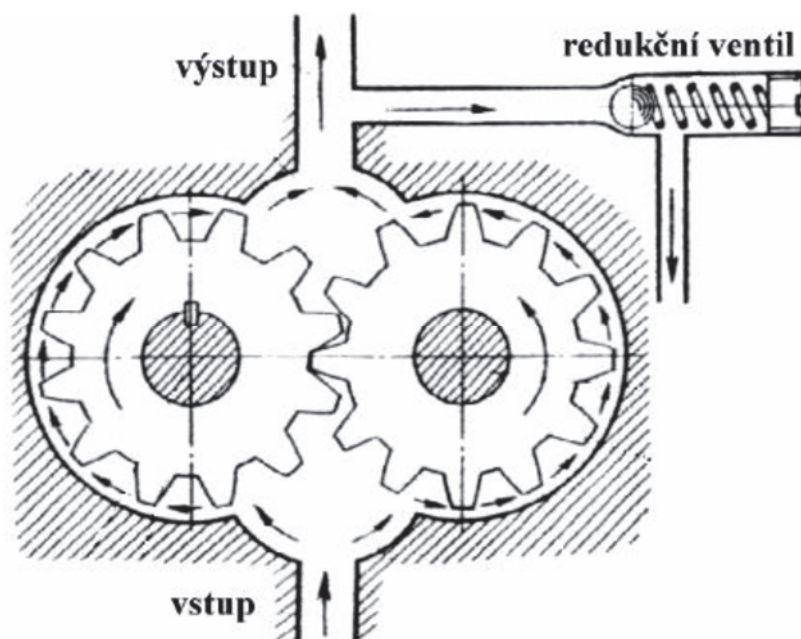
Používá se výhradně u osobních a lehkých užitkových vozidel. Ke spuštění čerpadla dochází po otočení klíčku ve spínací skříňce z toho důvodu, aby při spuštění motoru byl dostatečný tlak paliva v nízkotlaké části. Čerpadlo se skládá z excentricky uložené desky opatřené drážkami, ve kterých jsou umístěné válečky, příp. lamely. Rotací desky vzniká odstředivá síla tlačící válečky na vnitřní stěnu čerpadla. Palivo je dopravováno dutinou mezi jednotlivými válečky a skříní čerpadla. Výhodou tohoto čerpadla je plynulost dodávaného množství paliva kvůli nezávislosti na otáčkách motoru.



Obr. 3 Lamelové čerpadlo (1 – sání, 2 – rotor, 3 – váleček, 4 – základní deska, 5 – výtlač) [1]

MECHANICKÉ PALIVOVÉ ČERPADLO

U těžkých nákladních vozidel se k zásobování vysokotlakých čerpadel používají pouze zubová čerpadla. Pracuje na jednoduchém principu, a proto je velmi spolehlivé a bezúdržbové. Dvě spoluzabírající kola dopravují palivo v mezizubových mezerách od sacího k výtlačnému potrubí. Množství dopravovaného paliva je přímo úměrné otáčkám motoru, a proto se regulace provádí škrcením na sací straně nebo přepouštěním na výtlačku. Pohon zajišťuje spojka, ozubené kolo nebo ozubený řemen.



Obr. 4 Zubové čerpadlo [5]

2.1.4 PALIVOVÉ POTRUBÍ

Nízkotlaké potrubí není tak namáhané jako vysokotlaké a proto obvykle bývá vyrobeno jako kovové, plastové, příp. jako hadice opatřená kovovou výztuží. Jedním z požadavků na potrubí je nehořlavost a určitá pružnost jako reakce na vibrace od motoru při jízdě.

2.2 VYSOKOTLAKÁ ČÁST

Z nízkotlaké části se palivo dostává přes vstřikovací čerpadlo do části vysokotlaké, kde vytvářen tlak až 2500 bar. Dále palivo putuje do zásobníku tlaku, tzv. railu a odtud se dostává do vstřikovačů. Tyto všechny komponenty jsou propojeny vysokotlakým potrubím.

Vysokotlaká část se dělí na tři hlavní části:

- vytváření tlaku (vysokotlaké vstřikovací čerpadlo),
- udržování tlaku (vysokotlaký zásobník Rail),
- vstřikování paliva (vstřikovač).

2.2.1 VYSOKOTLAKÉ VSTŘIKOVACÍ ČERPADLO

Jeho úkolem je dodávat palivo řádného tlaku dál do systému nezávisle na vstřikování a tak se stává pomyslnou hranicí mezi nízkotlakou a vysokotlakou částí. Palivo musí dodávat za jakýchkoliv provozních podmínek po celou dobu provozu vozidla, proto jsou při výrobě kladeny vysoké nároky na jeho rozměrovou přesnost. V čerpadle je udržována určitá rezerva paliva pro rychlejší nastartování i zvýšení tlaku v zásobníku. Mazání je prováděno buď olejem nebo přímo protékajícím palivem. V tomto případě je důležitá správná funkce filtru, aby nedošlo k předčasnému opotřebení čerpadla. „U nákladních vozidel se používají dvoupístová řadová čerpadla. Vysokotlaké čerpadlo je přednostně montováno na téměř



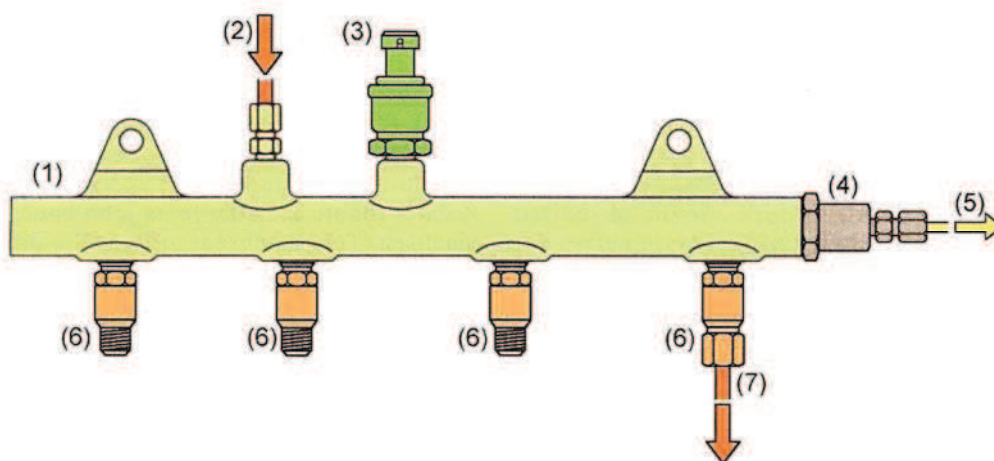
vznětového motoru jako běžná rotační vstřikovací čerpadla. Je poháněno motorem přes spojku, ozubené kolo, řetěz nebo ozubený řemen. Otáčky čerpadla jsou takto vázány pevným převodovým poměrem k otáčkám motoru. Při volnoběhu a částečném zatížení vzniká přebytek paliva, to odchází regulačním ventilem. “ [1]



Obr. 5 Řadové vstřikovací čerpadlo EPP firmy MOTORPAL [7]

2.2.2 VYSOKOTLAKÝ ZÁSOBNÍK (RAIL)

Jeho úkolem je udržovat palivo pod vysokým tlakem a zároveň tlumit pulsující tlak paliva otevíráním a zavíráním vstřikovačů i od dodávek paliva čerpadlem, aby byl vstřikovací tlak konstantní. Z těchto důvodů je konstrukce zásobníku velmi složitá, protože musí mít dostatečnou kapacitu, ale zároveň nesmí být příliš velký kvůli rychlému dosažení tlaku po nastartování motoru. Rail má dle konstrukce motoru a prostoru kolem něj většinou tvar trubky. Dále jeho tvar závisí na dalších členech, kterými je osazen a to tlakový pojistný ventil, omezovač průtoku, snímač tlaku a regulátor tlaku.

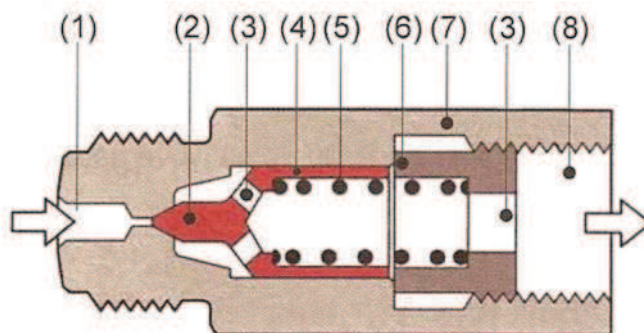


Obr. 6 Vysokotlaký zásobník (Rail) [4]



TLAKOVÝ POJISTNÝ VENTIL

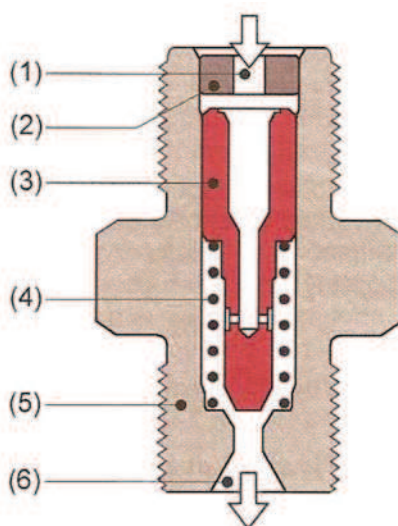
Při překročení maximálního stanoveného tlaku daného tuhostí pružiny se píst odsune ze sedla a palivo odteče přes průtočné otvory zpět do nádrže. Moderní verze těchto ventilů mají funkci nouzového chodu. V praxi to znamená, že i při otevřených průtočných otvorech je v zásobníku zachován určitý tlak umožňující omezenou jízdu.



Obr. 7 Tlakový pojistný ventil (1 – přívodní kanálek, 2 – kuželový ventil, 3 – průtočné otvory, 4 – píst, 5 – tlačná pružina, 6 – doraz, 7 – těleso ventilu, 8 – zpětný odvod paliva) [4]

OMEZOVAČ PRŮTOKU

Zamezuje stálému vstřikování paliva při poruše vstřikovače, tím že při nadměrném odběru paliva klesne jeho tlak a píst překoná tuhost pružiny, čímž se ventil uzavře. Tento stav trvá až do zastavení chodu motoru. Při správné funkci vstřikovače je píst doražen na stranu railu a krátkodobé vstříknutí paliva nezpůsobí dosednutí pístu do sedla směrem ke vstřikovači.

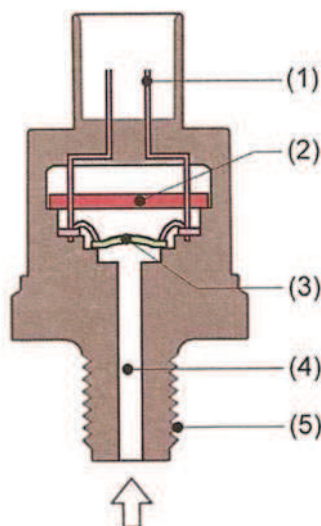


Obr. 8 Omezovač průtoku (1 – připojení k Railu, 2 – uzavírací vložka, 3 – píst, 4 – tlačná pružina, 5 – pouzdro, 6 – připojení ke vstřikovači) [4]



SNÍMAČ TLAKU

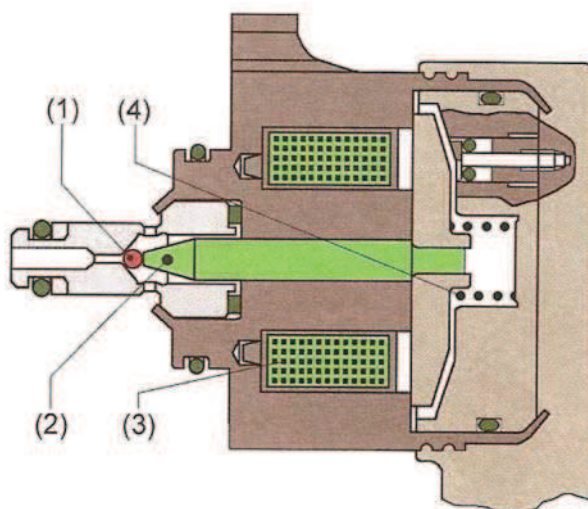
Používá se ke zjištění aktuálního tlaku paliva v zásobníku a následně je tento údaj předáván řídicí jednotce. Snímač funguje na principu prohýbající se membrány, která je umístěna v jádru snímače. V závislosti na tlaku paliva dojde k prohnutí membrány, které je pomocí elastických rezistorů převedeno na elektrický signál. Při tlaku 1500 bar dojde k prohnutí o přibližně 20 μm. Pro vyšší tlaky se používají silnější membrány a naopak pro nižší tlaky tenčí.



Obr. 9 Snímač tlaku paliva (1 – elektrická přípojka, 2 – vyhodnocovací obvod, 3 – membrána se snímacím prvkem, 4 – vysokotlaké připojení, 5 – upevňovací závit) [4]

REGULÁTOR TLAKU

Jedná se o elektromagneticky řízený ventil, který udržuje potřebný tlak při různých zatížení motoru. V případě, že tlak je příliš nízký, tak elektromagnet pomocí kuličky uzavře ventil a tlak stoupne. Při správném tlaku je elektromagnet neaktivní a kulička je přitlačována pouze silou pružiny odpovídající přibližně 100 bar, což je otevírací tlak paliva. Požadovaný tlak je dosahován různým otevřením ventilu.



Obr. 10 Regulátor tlaku (1 – kuličkový ventil, 2 – kotva elektromagnetu, 3 – elektromagnet, 4 – pružina) [4]

2.2.3 VSTŘIKOVAČE

Vstřikovač je koncovou částí vstřikovacího systému. Se zásobníkem je spojen vysokotlakým potrubím, které musí být ke všem válcům stejné dlouhé pro zachování stejných podmínek vstřiku. K hlavě válců je upevněno v přímé nebo šikmé poloze. Jsou elektronicky řízené a díky velmi malé hmotnosti pohybujících se částí i velmi rychlé. Doba vstřiku pohybuje kolem 0,3ms. Vstřikovače jsou rovněž vyráběné s vysokou rozměrovou přesností, řádově se jedná o tisícinu milimetru. „Pomocí seřizovacího šroubu se mění předpětí pružiny umístěné v tělese vstřikovače, která přes čep tlačí jehlu vstřikovací trysky do sedla. Tím se nastavuje vstřikovací tlak paliva. [2]

V současné době známe dva druhy vstřikovačů:

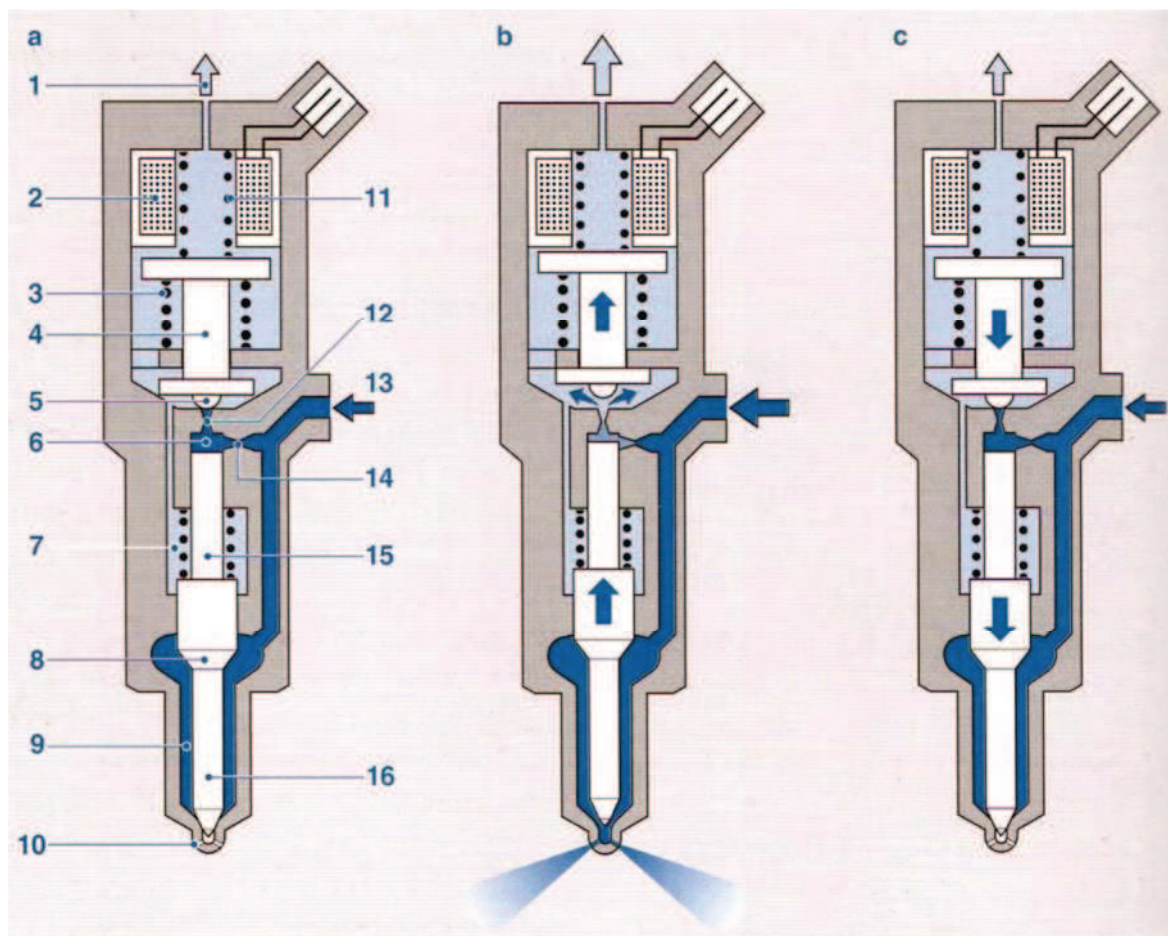
- vstřikovač s elektromagnetickým ventilem,
- vstřikovač s piezoelektrickým členem.

VSTŘIKOVAČ S ELEKTROMAGNETICKÝM VENTILEM

Tento vstřikovač dělíme na další dva typy:

- vstřikovač s jednodílnou kotvou (jednoprůžinový systém),
- vstřikovač s dvoudílnou kotvou (dvuprůžinový systém).

Dvuprůžinový systém se od jednoprůžinového liší v tom, že při otevírání trysky působí na jehlu pouze jedna pružina, kdežto druhá pružina je opřena o dorazové pouzdro. To má za následek nižší hlučnost. Vstřikovač se skládá ze tří hlavních částí – otvorové trysky, hydraulického systému a elektromagnetického ventilu.



Obr. 11 Způsob činnosti vstřikovače s elektromagnetickým ventilem (a – klidový stav, b – vstřikovač se otvírá, c – vstřikovač se zavírá; 1 – zpětné palivové potrubí, 2 – cívka elektromagnetu, 3 – pružina přeběhu, 4 – kotva, 5 – kulička ventilu, 6 – řídicí prostor ventilu, 7 – pružina trysky, 8 – tlačné mezikruží jehly trysky, 9 – objem komory, 10 – vstřikovací otvor, 11 – pružina elektromagnetického ventilu, 12 – škrčení na odpadu, 13 – vysokotlaká přípojka, 14 – škrčení na přívodu, 15 – píst ventilu, 16 – jehla trysky) [1]

Funkci vstřikovače můžeme rozdělit na čtyři stavy:

- vstřikovač uzavřen (Obr. 11. a)
 - v tomto klidovém stavu není vstřikovač uveden do provozu a tlak v ovládacím prostoru nad tryskou je stejný jako tlak na kuželovou plochu trysky. Pružina tlačící na trysku společně s tlakem paliva udržuje trysku v sedle. V tuto chvíli nedochází ke vstřikování,
- vstřikovač se otvírá (Obr. 11. b)
 - k otevření vstřikovače dojde pohybem elektromagnetu ovládaného velkým napětím a proudem z cívky. Jedná se o hodnoty cca 50V a 20A z důvodu krátkého času spínání. Po úplném otevření se tento tzv. přitahovací proud sníží na hodnotu, která udržuje ventil otevřený. Následně ventil otevře škrčení na odpadu a palivo z ovládacího prostoru odečte zpět do nádrže. Tímto klesne tlak v ovládacím

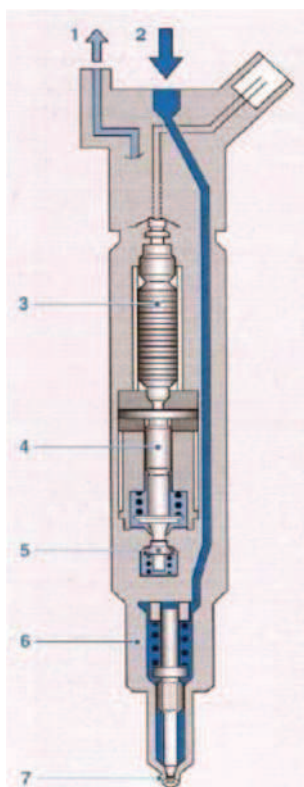


prostoru na nižší, než je v objemu komory, dojde k otevření jehly trysky a následnému vstřiku,

- vstřikovač otevřen
 - tento stav nastane, když píst dosáhne své horní polohy dané polštářem z paliva, který vzniká v důsledku proudění paliva v ovládacím prostoru. Jedná se o tzv. hydraulický doraz. V tomto okamžiku je vstřikovač plně otevřen a palivo proudí o tlaku jen nepatrně nižším, než je v zásobníku,
- Vstřikovač se zavírá (Obr. 11. c)
 - do cívky elektromagnetu se přestane dodávat proud a tím se uzavře škrcení na odpadu. Tímto se opět začne plnit ovládací prostor palivem, až se tlak vyrovná s tlakem v objemu komory. Tlak působící na jehlu jí zatlačí a tryska se uzavře.

PIEZOELEKTRICKÝ VSTŘIKOVAČ

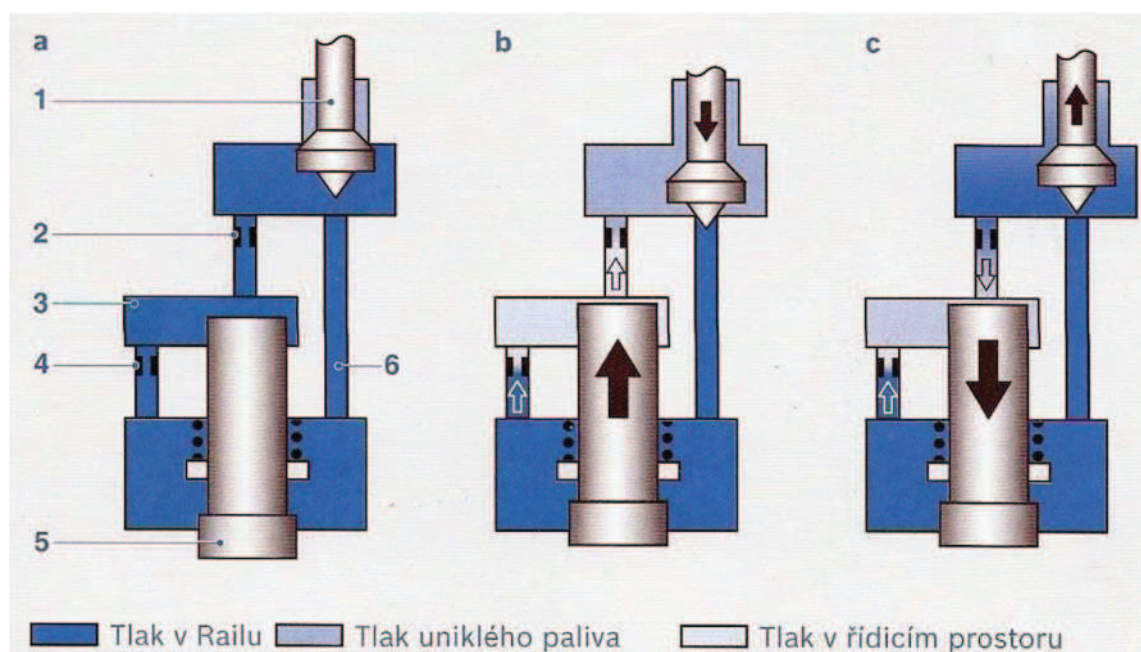
Předností tohoto vstřikovače je až pětinasobné vstříknutí paliva během jednoho cyklu, což má velmi dobrý vliv průběh na spalování. Díky úzké vazbě servoventilu s jehlou trysky dosahuje inline vstřikovač velmi rychlé reakce jehly trysky na aktivaci akčního členu – jen asi 150 mikrosekund. To umožňuje vysokou rychlost jehly a zároveň velmi malá, reprodukovatelná vstřikovaná množství paliva. Další podstatnou výhodou tohoto vstřikovače je, že v něm nedochází k úniku paliva o vysokém tlaku zpět do nízkotlaké části. Mimo menších rozměrů i hmotnosti oproti vstřikovačům s elektromagnetickým ventilem se vyznačuje i nižší hlučností, spotřebou paliva a emisemi a vyšším výkonem.





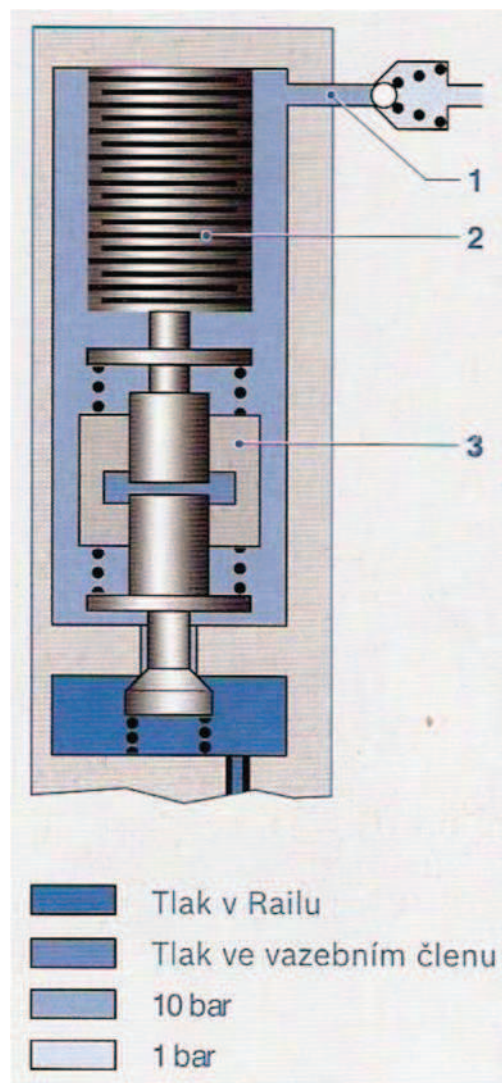
Obr. 12 Piezoelektrický vstřikovač (1 – zpětné palivové potrubí, 2 – vysokotlaká přípojka, 3 – piezoelektrický regulační modul, 4 – hydraulický vazební člen, 5 – servoventil, 6 – modul trysky s jehlou trysky, 7 – vstřikovací otvor) [1]

Servoventil je v počáteční poloze zavřený a dělí jej na dvě části – vysokotlaká a nízkotlaká. Tento ventil je uzavřen tlakem paliva odpovídajícího tlaku v zásobníku. Pomocí piezoelektrického členu se ventil otevře a zároveň uzavře obtok. Tímto klesne tlak v řídicím prostoru a objem paliva odečte do nízkotlaké části. Po deaktivaci piezoelektrického členu se ventil začne pohybovat zpět a tím uvolní obtok. Následně začne palivo pod tlakem proudit do řídicího prostoru a po dosažení dostatečného tlaku se jehla trysky uzavře.



Obr. 13 Způsob činnosti servoventilu (a – výchozí poloha, b – jehla trysky se otvírá, c – jehla trysky se zavírá; 1 – servoventil, 2 – škrtení na odpadu, 3 – řídicí prostor, 4 – škrtení na přívodu, 5 – jehla trysky, 6 – obtok) [1]

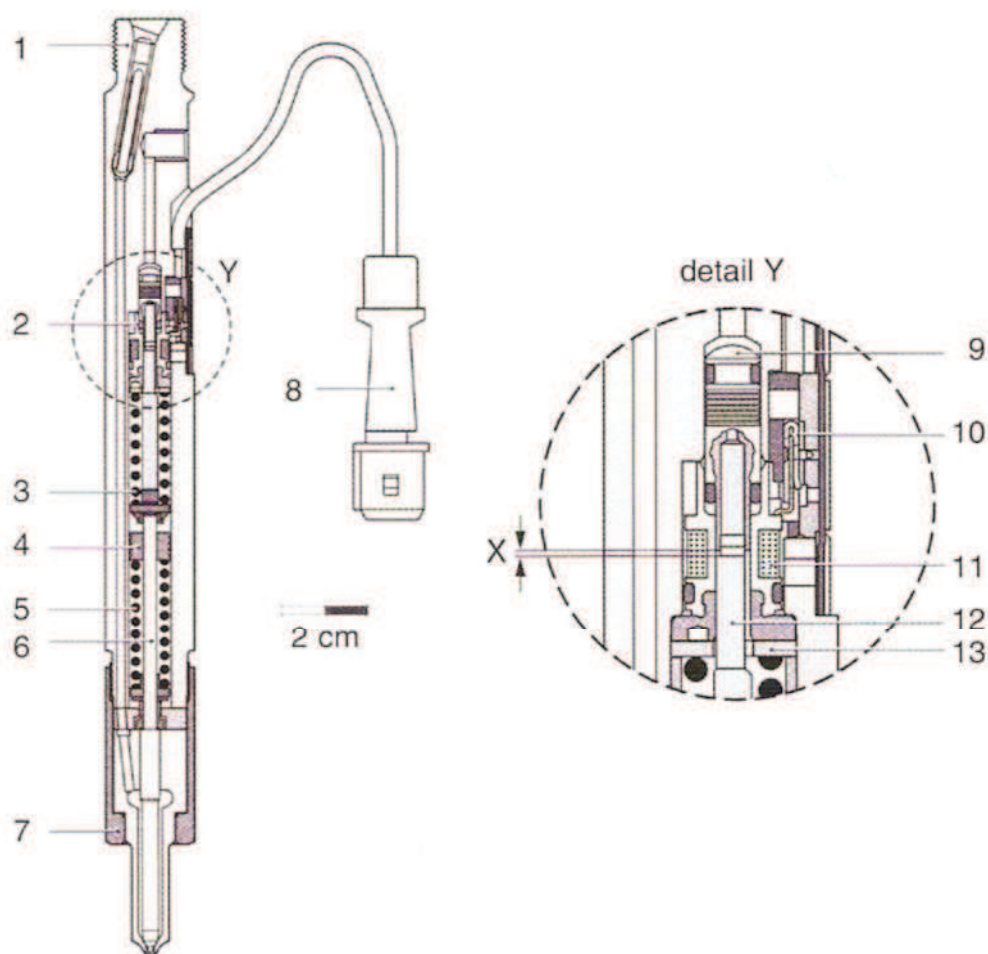
Každý takový vstřikovač obsahuje hydraulický vazební člen, jehož účelem je zesilovat zdvih akčního členu, vyrovnávat vůle mezi servoventilem a akčním členem a při závadě ukončit vstřikování. Pro vykonání vstřiku je na akční člen přivedeno napětí přibližně 130V. Tímto se naruší rovnováha sil mezi spínacím ventilem a akčním členem. V důsledku toho vzroste tlak ve vazebním členu. Následuje doplnění paliva do vazebního členu rozdílem tlaků mezi vazebním členem a nízkotlakým okruhem vstřikovače. Před dalším tlakem musí být vazební člen zcela zaplněn.



Obr. 14 Princip hydraulického vazebního členu (1 – nízkotlaký zásobník s ventilem, 2 – akční člen, 3 – hydraulický vazební člen) [1]

ELEKTROMAGNETICKÝ VENTIL SE SNÍMAČEM POHYBU JEHLY

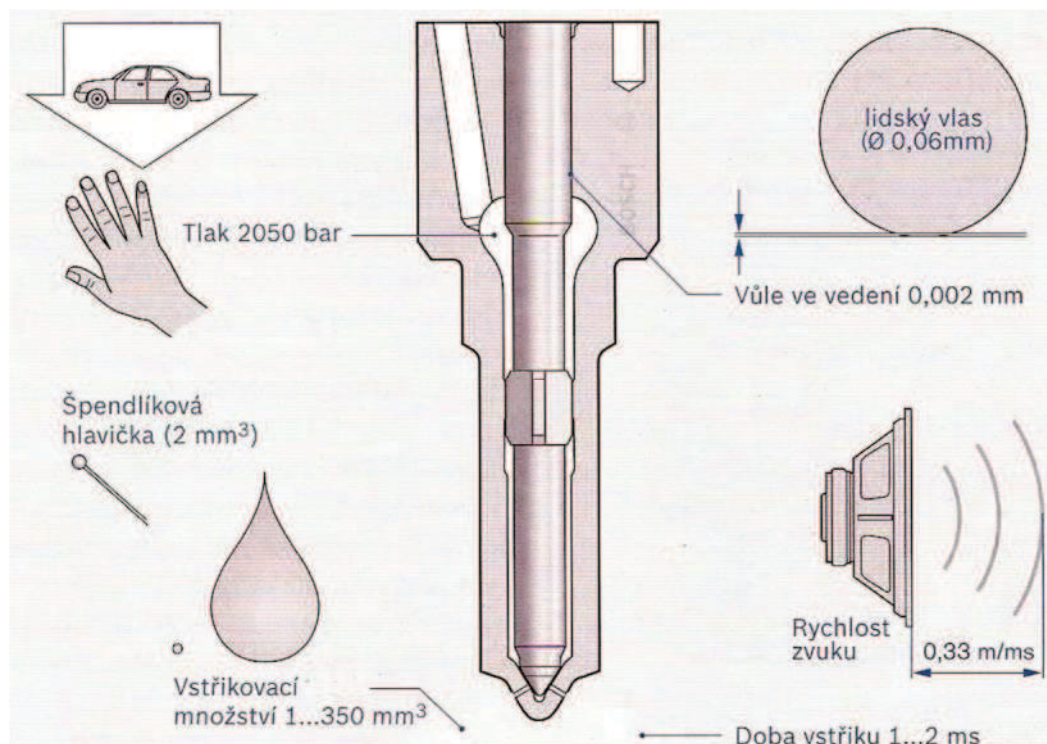
Slouží k přestavování vstříku podle zatížení a otáček. Snímač pracuje s uzavřeným regulačním okruhem a skládá se z cívky a magnetického čepu. Pohybem jehly se v cívce indukuje magnetický tok. Signál ze snímače je odeslán řídicí jednotce, která ho vyhodnocuje. Počátek vstříku je dán překročením prahového napětí. Ve většině případů je na motoru použit pouze jeden vstřikovač se snímačem. Dále snižuje hluk vzniklý při spalování.



Obr. 15 Dvoupružinový vstřikovač se snímačem pohybu jehly (1 – těleso vstřikovače, 2 – snímač polohy jehly, 3 – tlačná pružina, 4 – vodící kroužek, 5 – pružina, 6 – tlačný kolík, 7 – upínací matice, 8 – konektor, 9 – seřizovací čep, 10 – kontakt, 11 – cívka snímače, 12 – tlačný čep, 13 – sedlo pružiny) [2]

2.2.4 VSTŘIKOVACÍ TRYSKY

Jedná se o velmi přesnou součást, která je namáhána jak mechanicky tak především tepelně. Musí odolávat vysokým teplotám, kdy vozidlo brzdí motorem a tryska není chlazena protékajícím palivem. Z těchto důvodů musí být vyrobeny s vysokou přesností a obráběny speciálními metodami jako je hydroerozivní, elektroerozivní nebo elektrochemické obrábění. Jedná se o poslední prvek před vlastním vstřikem do spalovacího prostoru, na kterém hlavně závisí spalování, množství vstříknutého paliva, jeho rozložení a rozprášení pomocí tvaru, směru a počtu paprsků. Tryska zároveň odděluje spalovací prostor od palivového systému. Dále má konstrukce trysky vliv na emise, hlučnost a výkon motoru. U konvekčních vstřikovacích systémů jako je čerpadlo – tryska nebo čerpadlo – vedení – tryska musí být trysky upevněny k motoru pomocí držáků. U systému Common Rail toto řešení není zapotřebí. Uvedeným systémům se budu věnovat v samostatné kapitole.



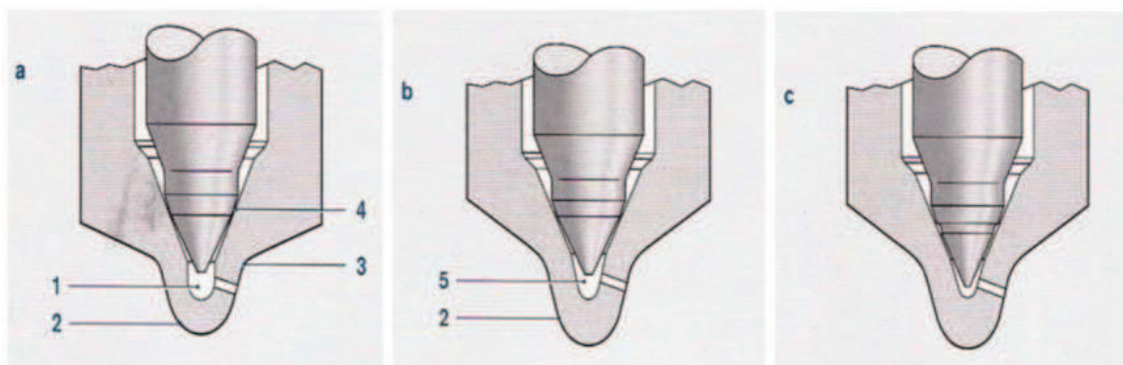
Obr. 16 Dimenze vstříkovací techniky pro vznětové motory [1]

OTVOROVÉ TRYSKY

Dělí se na dvě konstrukce:

- trysky se slepým vývrtem (ty rozdělujeme na další typy),
- trysky s otvorem do sedla.

Otvorové trysky se využívají u přímého vstříkávání. Počet a průměr vstříkovacích otvorů závisí na vstříkovaném množství paliva a tvaru spalovacího prostoru. Vstříkací otvory se směrem k vnější straně rozšiřují a z důvodu lepšího proudění paliva jsou hrany zaobleny.

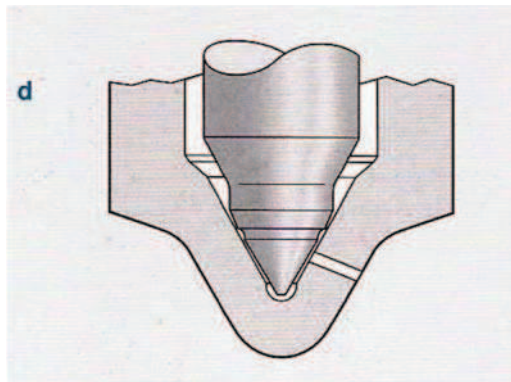


Obr. 17 Hroty otvorových trysek se slepým vývrtem (a – kuželový vývrt, b – kuželový hrot, c – mikrovývrt; 1 – válcový slepý vývrt, 2 – kuželový hrot, 3 – poloměr sedla, 4 – dosedací plocha tělesa trysky, 5 – kuželový slepý vývrt) [1]



TRYSKY S OTVORY DO SEDLA

Výhodou těchto trysek je naprosto minimální zbytkový objem, jelikož vstřikovací otvor se nachází v sedle trysky a při uzavření otvoru je utěsněn jehlou.



Obr. 18 Tryska s otvory do sedla [1]

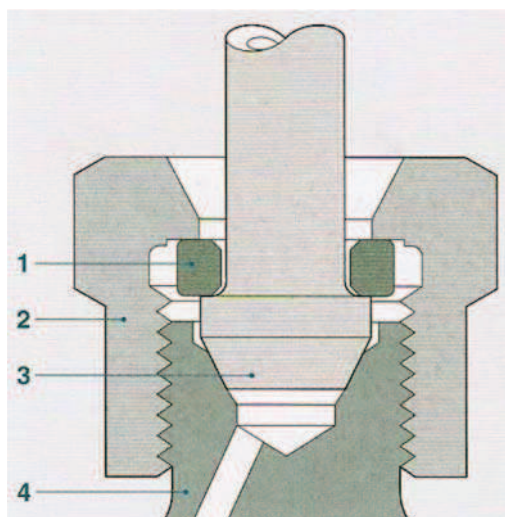
Jako nejlepší řešení pro systém Common Rail se ukázala varianta se slepým mikrovývrtem z důvodu malého zbytkového objemu a rovnoměrného rozdělení paprsku.

2.2.5 VYSOKOTLAKÉ POTRUBÍ A PŘÍPOJKY

Jejich úkolem je rozvádět palivo a utěsnit přechody mezi jednotlivými komponenty. Musí odolávat tlaku paliva více než 2000 bar a vysokofrekvenčním kmitům způsobených vstřikováním paliva. Potrubí se vyrábí z ocelových bezešvých trubek.

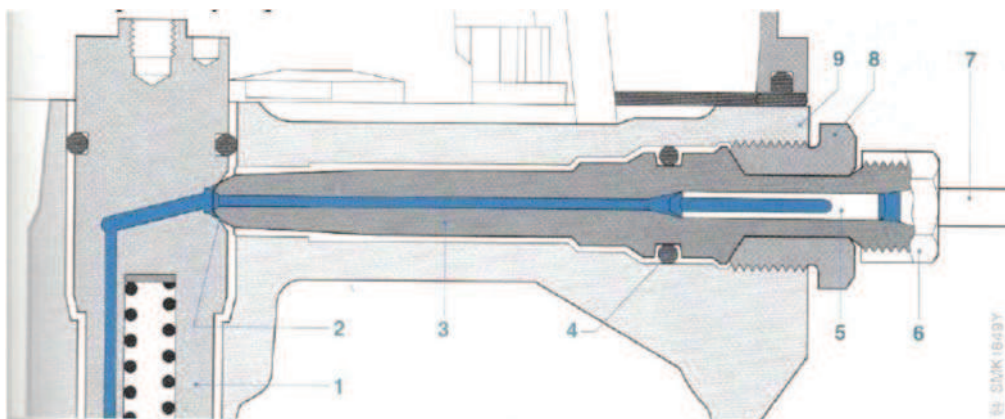
U přípojek existují tři druhy spojení:

- těsnící kužel s přesuvnou maticí
 - jedná se o jednoduché, opakovaně rozebíratelné spojení. Nalisovaný těsnící kužel na konci potrubí je dotažen přesuvnou maticí. Pro lepší utěsnění spoje se používá mezi těsněním a maticí přítlačná podložka.



Obr. 19 Vysokotlaká přípojka s těsnicím kuželem a přesuvnou maticí (1 – přitlačná podložka, 2 – přesuvná matice, 3 – těsnicí kužel vysokotlakého palivového potrubí, 5 – tlaková přípojka vstřikovacího čerpadla nebo držáku trysky) [1]

- tlakové hrdlo zarovnání odstavců
 - na jedné straně je hrdlo tlakové trubky připojeno k vysokotlakému potrubí pomocí těsnicího kužele a přesuvné matice. Na straně druhé je opatřeno šroubovým spojením. Tohoto řešení se používá u těžkých nákladních vozidel nebo traktorů pracujících se systémy Common Rail a čerpadlo-vedení-tryska.



Obr. 20 Příklad hrdla tlakové trubky (1 – držák trysky, 2 – těsnicí kužel, 3 – hrdlo tlakové trubky, 4 – těsnění, 5 – tyčový filtr, 6 – přesuvná matice, 7 – vysokotlaká palivová potrubí, 8 – šroubové spojení, 9 – hlava válců) [1]

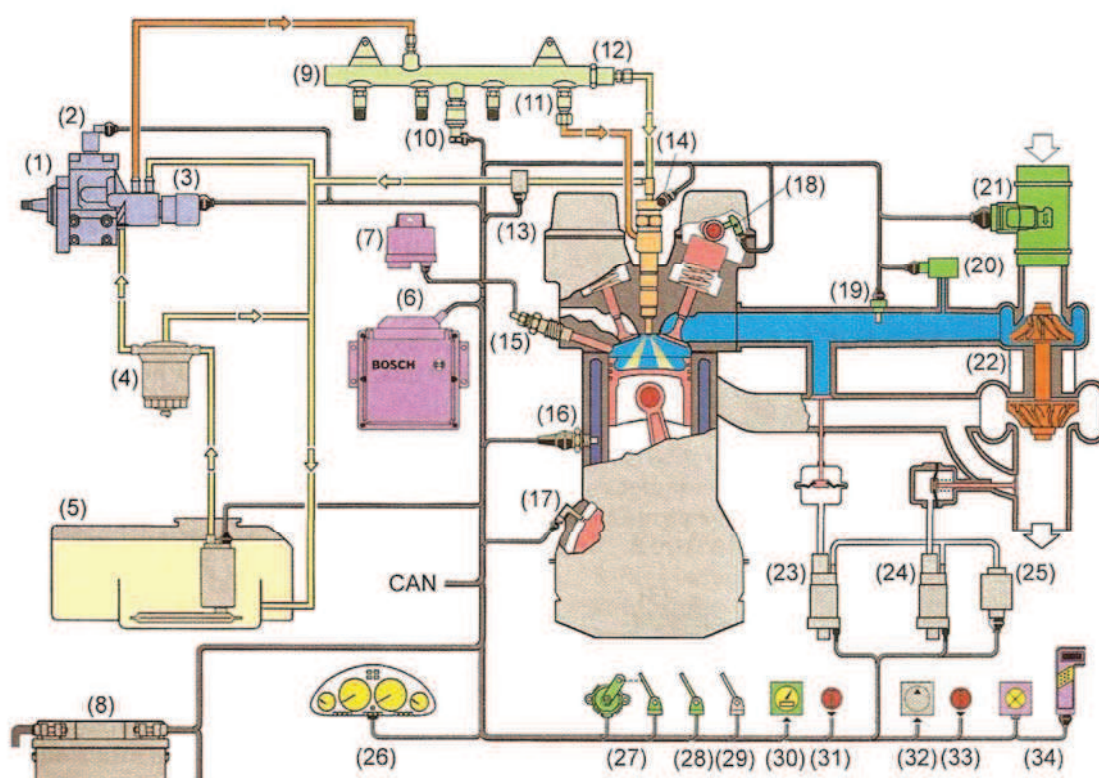
- nosník
 - můžeme se s ním setkat u osobních automobilů a v místech s omezeným prostorem.



2.3 ELEKTRONICKÁ REGULACE EDC

Elektronickou regulaci EDC (Electronic Diesel Control) dělíme na tři oblasti:

- snímače – zachycují aktuální fyzikální hodnoty při chodu motoru, zpracovávají je a převádí na elektrický signál,
- řídicí jednotka – zpracovává data od snímačů a čidel pomocí mikroprocesorů, které na základě výpočtů odesílají výstupní signály řídicím členům,
- ovládací členy – zpracovávají výstupní elektrické signály a přetváří je na mechanickou energii, pomocí které ovládají jejich nastavení.

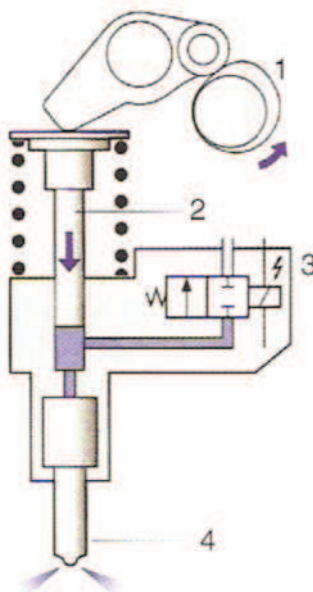


Obr. 21 Řídicí systém vstřikování Common Rail firmy Bosch (1 – vysokotlaké čerpadlo, 2 – odpojovací ventil čerpadla, 3 – regulátor tlaku paliva, 4 – palivový filtr, 5 – palivová nádrž s palivovým čerpadlem, 6 – řídicí jednotka motoru, 7 – ovládací jednotka žhavení, 8 – akumulátor, 9 – vysokotlaký zásobník paliva, 10 – snímač tlaku paliva, 11 – omezovač průtoku paliva, 12 – pojistný ventil, 13 – snímač teploty paliva, 14 – vstřikovač, 15 – žhavicí svíčka, 16 – snímač teploty chladicí kapaliny, 17 – snímač polohy a otáček klikového hřídele, 18 – snímač polohy a otáček vačkového hřídele, 19 – snímač teploty plnicího vzduchu, 20 – snímač plnicího tlaku, 21 – měřič hmotnosti nasávaného vzduchu, 22 – turbodmychadlo, 23 – elektropneumatický převodník recirkulace spalín, 24 – regulace plnicího tlaku turbodmychadla, 25 – podtlakové čerpadlo, 26 – přístrojová deska, 27 – snímač polohy akceleračního pedálu, 28 – spínač brzdového pedálu, 29 – spínač spojkového pedálu, 30 – snímač rychlosti vozidla, 31 – ovládání tempomatu, 32 – kompresor klimatizace, 33 – ovládání klimatizace, 34 – diagnostická kontrolka a zásuvka) [4]

3 PŘEHLED VSTŘIKOVACÍCH SYSTÉMŮ

3.1 SYSTÉM UIS

Sdružená vstřikovací jednotka – UIS (Unit Injektor Systém) se též nazývá jednotka čerpadlo – tryska. Byla vyvinuta firmou BOSCH pro koncern Volkswagen a v roce 1994 začala její sériová výroba pro užitkové vozy. Používal se u těžkých a středně velkých užitkových automobilů s výkonem do 80 kW/válec. Vstřikovací čerpadlo i tryska tvoří jeden celek, který je umístěn v hlavě motoru. Mimo tohoto celku má každý válec vlastní elektromagnetický ventil a držák trysky. Píst čerpadla je přímo poháněn přes zdvihátko nebo přes vahadlo od vačkového hřídele motoru. Jelikož u tohoto systému není třeba vysokotlakého potrubí, je možné dosáhnout vstřikovacího tlaku až 2050 bar. Množství vstříknutého paliva je uskutečněno řídicí jednotkou a elektroventilem. U starších modelů traktorových motorů s tímto systémem je natáčení pístu čerpadla pomocí regulační tyče ovládané regulátorem. Základního nastavení stejné dodávky paliva na všech válcích motoru dosáhneme pootočením válce každého čerpadla přímo na motoru. V dnešní době je nahrazen systémem Common Rail. Výhodou těchto systémů je jejich silný záťah od nízkých otáček a vyvinutí vysokého výkonu. Naopak nevýhodou je náročná výroba a dnes již překonané hodnoty emisí, škodlivin a hlučnosti. Další nevýhodou je horší kultivovanost chodu.

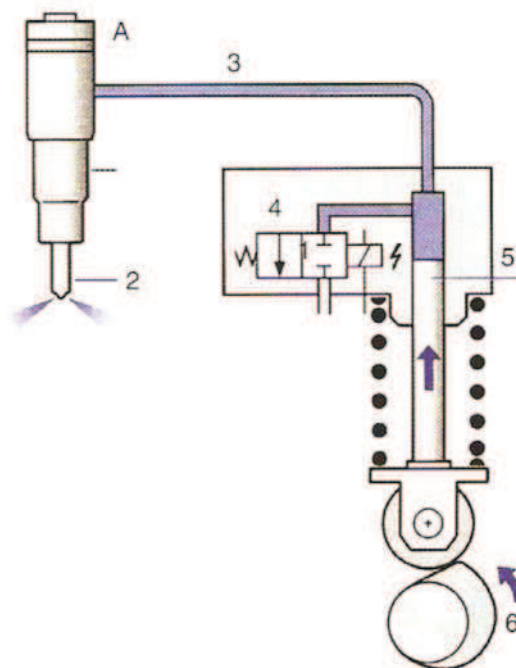


Obr. 22 Schéma sdružené vstřikovací jednotky UIS (1 – hnací vačka, 2 – píst čerpadla, 3 – elektromagnetický ventil, 4 – tryska) [2]

3.2 SYSTÉM UPS

Systém sdružených čerpadel – UPS (Unit Pump Systém) se také nazývá systém čerpadlo – vedení – tryska. Tento systém představila firma BOSCH v roce 1995. Používá se u užitkových automobilů až do 92kW/válec. Zásadní rozdíl oproti systému čerpadlo – tryska je v tom, že vstřikovač je propojen se vstřikovacím čerpadlem krátkým vysokotlakým

čerpádlem. I tento systém má jednu vstřikovací jednotku pro každý válec a stejně jako u systému UIS je vstřikovací čerpadlo namontováno na boku motoru a je poháněno vačkovou hřídelí rozvodu motoru. Doba počátku vstřiku je regulována elektronicky, u starších konstrukcí pomocí regulační tyče.



Obr. 23 Schéma sdružené vstřikovací jednotky UPS (1 – tryska, 2 – těleso vstřikovače, 3 – vysokotlaké vedení, 4 – elektromagnetický vysokotlaký ventil, 5 – píst čerpadla, 6 – hnací vačka) [2]

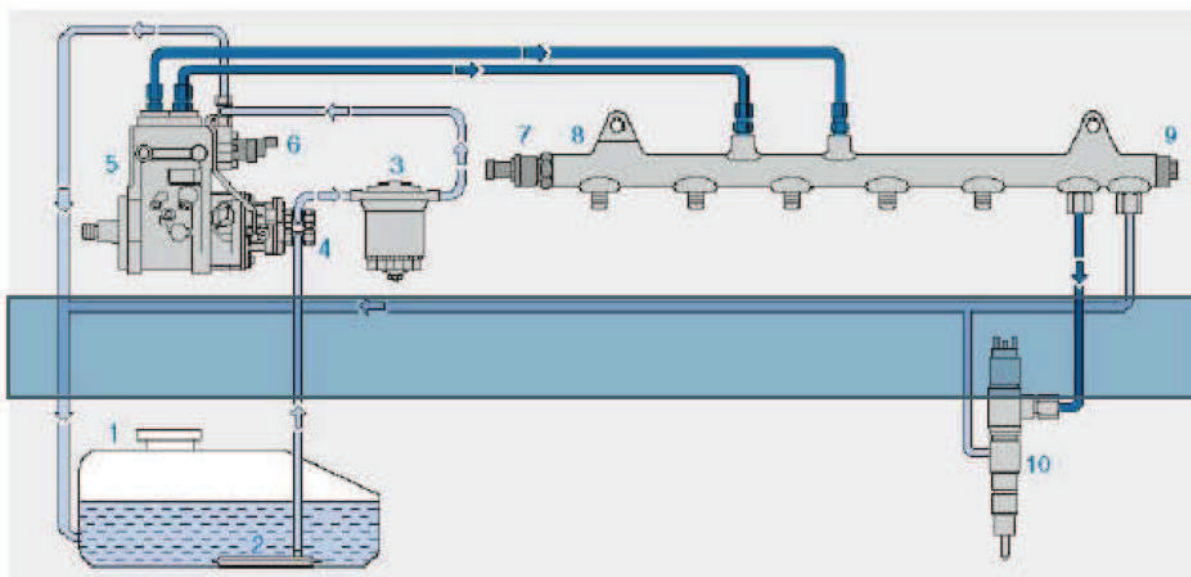
3.3 COMMON RAIL

Common Rail (Common = společný a Rail = zásobník) můžeme do češtiny přeložit jako systém s tlakovým zásobníkem. První vstřikovací systém typu Common Rail sestavil v 60. letech švýcarský technik Robert Huber. Následně se vývoje ujala Spolková vysoká technická škola v Zürichu, ale hlavního posunu ve vývoji dosáhla firma Denso v 90. letech. Tato firma systém upravila a použila v nákladním voze Hino Raising Ranger pod označením ECD-U2 Common Rail. Důkazem jejich úspěšné práce bylo první místo tohoto vozu v Rallye Dakar. Dále se na vývoji podílely firmy Magneti Marelli, Fiat a Elasis. V roce 1993 patenty na tuto technologii zakoupila německá firma Robert Bosch GmbH. Pokračováním ve vývoji dosáhli v roce 1997 sériové výroby systému Common Rail pro osobní vozy, konkrétně pro Alfa Romeo 156 1.9 JTD. První systém Common Rail pro užitková vozidla byl zaveden v roce 1999 v kategorii lehkých užitkových vozidel u Iveco Turbo Daily. Krátce na to následovaly první aplikace v těžkých nákladních vozidlech u firmy Renault. Mimo osobní a užitková vozidla našel systém Common Rail uplatnění v autobusech, zemědělských strojích i lodní dopravě.

Jedná se o systém přímého vstřikování paliva, který je specifický tím, že vytváření tlaku paliva je odděleno od vstřikovačů. Nízkotlakou částí putuje palivo do vysokotlakého čerpadla,



které palivo pod vysokým tlakem dopravuje do zásobníku. V zásobníku se palivo uchovává pod téměř konstantním tlakem nezávisle na otáčkách motoru. Načasování a množství vstříknutého paliva pomocí vstřikovače je úkolem řídicí jednotky. Popis a funkce jednotlivých částí je uvedeno v kapitole 2. Tímto řešením dostáváme výhody v podobě vysokých vstřikovacích tlaků umožňujících dokonalejší rozprášení paliva ve válci a tím dokonalejšího průběhu spalování, nižší spotřeby paliva a tiššího chodu motoru.



Obr. 24 Systém Common Rail s vysokotlakým čerpadlem CPN2 pro nákladní vozidla (1 – palivová nádrž, 2 – předřadný filtr, 3 – palivový filtr, 4 – podávací zubové čerpadlo, 5 – vysokotlaké čerpadlo CPN2.2, 6 – dávkovací jednotka, 7 – snímač tlaku v zásobníku, 8 – vysokotlaký zásobník, 9 – omezovací tlakový ventil, 10 – vstřikovač) [6]

3.4 GENERACE SYSTÉMU COMMON RAIL

PRVNÍ GENERACE

Byla uvedena na trh v roce 1997. Pomocí elektromagnetického ventilu je dosahováno tlaku 1350 bar pro osobní vozidla a 1400 bar pro užitková. Vstřikovací cyklus je rozdělen na předvstřík k snížení nárůstu spalovacího tlaku a tím snížení hluku u vznětových motorů a hlavní vstřík. Je užíváno čerpadel CP1 a CP2.

DRUHÁ GENERACE

Vylepšení první generace bylo představeno v roce 2001. Rovněž pracuje s elektromagnetickými ventily, ale dosahuje tlaku 1600 bar. Byl přidán třetí vstřík paliva, tzv. dovstřík, který má upravit celkové množství paliva. Používá čerpadel CP1H a CP3.



TŘETÍ GENERACE

Při představení v roce 2003 dosahovala tlaku 1800 bar, později až 2000 bar. Změna nastala u vstřikovačů, kdy elektromagnetický byl nahrazen piezoelektrickým. Tento typ vstřikovače umožní otevřít a uzavřít trysku během jedné desetitisíciny sekundy a tím vstříknout palivo až pětkrát během jednoho cyklu. Touto změnou bylo dosaženo normy Euro 4. Čerpadla stejná jako u předchozí generace.

ČTVRTÁ GENERACE

Vznikla v roce 2008 ve firmě Bosch a použitím hydraulického zesilovače tlaku v kombinaci s elektromagnetickým ventilem dosahuje tlaku 2500 bar. Palivo je z čerpadla dodáváno pod tlakem 900 až 1350 bar a až ve vstřikovači je tlak zvýšen pomocí zesilovače. Díky tomu je možné vstřikovat palivo do válce rostoucím tlakem a tím dosáhnout nižších škodlivin. Pracuje s čerpadlem CP4.

3.3.2 VSTŘIKOVACÍ ČERPADLA

STANDARTNÍ ŘADOVÁ VSTŘIKOVACÍ ČERPADLA

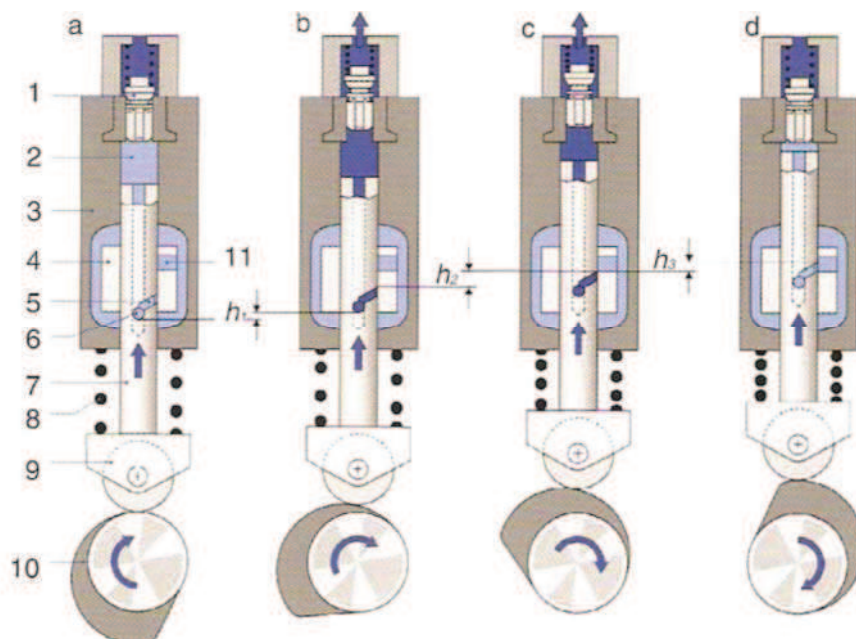
Jak již název napovídá, jedná se o systém, kdy každý válec motoru má své čerpadlo. Píst čerpadla je poháněn vačkovou hřídelí motoru a pohyb zpět zajišťuje tlačná pružina. Pro regulaci množství paliva vzhledem k aktuálním podmínkám provozu nám slouží regulační tyč spojená s plynovým pedálem. Dříve ovládaná mechanicky, v modernějších případech elektronicky. O množství vstříknutého paliva se stará řídicí jednotka. Postupným vývojem se dosahovaný tlak paliva zvýšil z přibližně 600 na 1100 bar. Čerpadlo je mazáno olejem.



Obr. 25 Řadové vstřikovací čerpadlo firmy Bosch [9]

ŘADOVÁ VSTŘIKOVACÍ ČERPADLA SE ZDVIHOVÝMI ŠOUPÁTKY

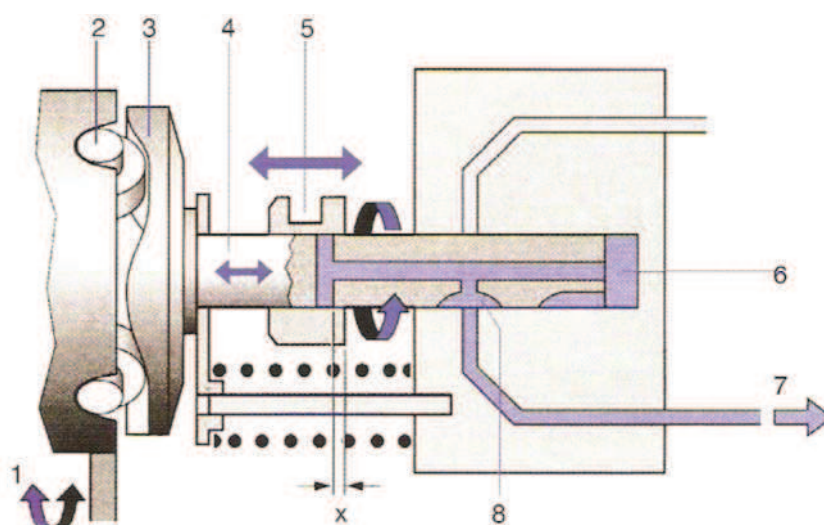
Od standartních řadových čerpadel se liší použitím zdvihových šoupátek. Ta umožňují měnit zdvih a tím i počátek dodávky paliva.



Obr. 26 Schéma elementu čerpadla se zdvihovým šoupátkem (1 – zpětný ventil, 2 – prostor nad pístem, 3 – válec, 4 – zdvihové šoupátko, 5 – řídicí hrana pístu, 6 – řídicí otvor, 7 – píst, 8 – pružina, 9 – kladička, 10 – vačka, 11 – sací kanál, h_1 – zdvih před počátkem dodávky, h_2 – užitečný zdvih, h_3 – zdvih po ukončení dodávky) [2]

ROTAČNÍ VSTŘIKOVACÍ ČERPADLA S AXIÁLNÍM PÍSTEM

Společně s centrálně uloženým rotačním pístem se otáčí vačkový kotouč, který vytváří tlak paliva a dopravuje ho tak k jednotlivým vstřikovačům, které i v tomto případě jsou řízeny řídicí jednotkou. U dřívějších typů čerpadel byla regulace prováděna škrcením na straně sání. Je mazáno pouze palivem.

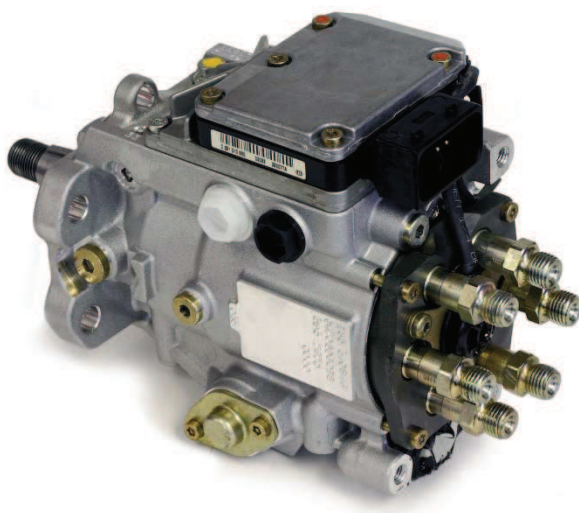


Obr. 27 Schéma rotačního vstřikovacího čerpadla s axiálním pístem (1 – přesuvník vstřiku, 2 – prstenec s kladkami, 3 – vačkový kotouč, 4 – píst, 5 – šoupátko, 6 – vysokotlaký prostor, 7 – přívod ke vstřikovači, 8 – kanálek v pístu, x – užitečný zdvih pístu) [2]



ROTAČNÍ VSTŘIKOVACÍ ČERPADLA S RADIÁLNÍMI PÍSTY

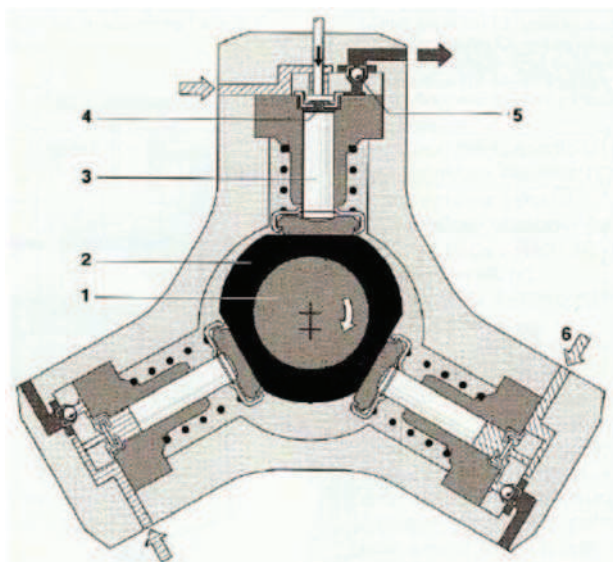
Skládá se z vačkového prstence a dvou až čtyř radiálních pístů. Otáčením rotoru s písty posouvají vačky písty proti sobě a tím je palivo vytlačováno ke vstřikovačům.



Obr. 28 Rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písty Bosch VP44 [10]

RADIÁLNÍ PÍSTOVÉ ČERPADLO CP1

Čerpadlo se skládá z hnacího hřídele a tří radiálních pístů vzájemně pootočených o 120°. Jejich pohon zajišťuje výstředník usazený na hnací hřídeli konstruovaný na tři zdvihy pístu pro jednu otáčku hřídele. Dosahovaný tlak činil 1300 bar.

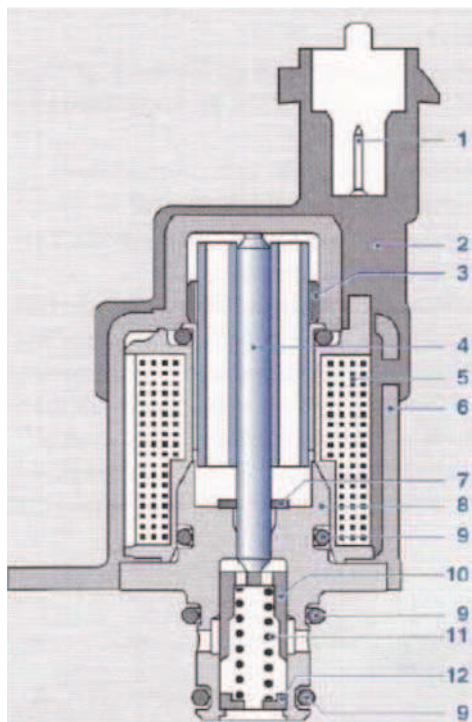


Obr. 29 Vysokotlaké čerpadlo CP1, příčný řez (1 – hnací hřídel, 2 – výstředník, 3 – element čerpadla s pístem čerpadla, 4 – sací ventil, 5 – výstupní ventil, 6 – přívod paliva) [1]



RADIÁLNÍ PÍSTOVÉ ČERPADLO CP1H

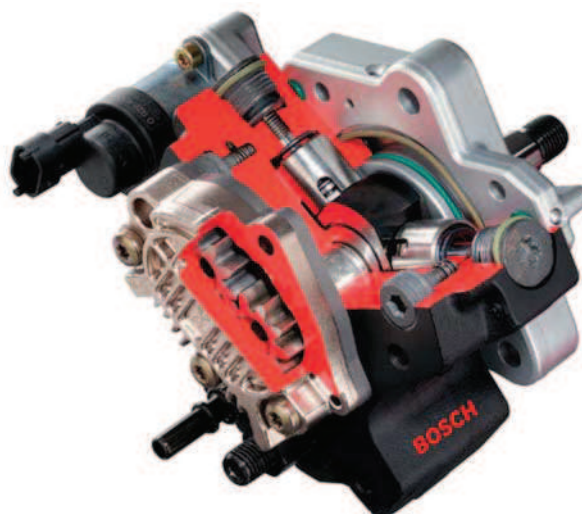
Zesílením pohonu a změnou ventilových jednotek bylo dosaženo tlaku až 1600 bar. Rovněž došlo ke zlepšení účinnosti přidáním elektromagnetického ventilu na stranu sání, který dávkuje palivo do Railu, tzv. dávkovací jednotka.



Obr. 30 Dávkovací jednotka (1 – konektor s elektrickým rozhraním, 2 – pouzdro elektromagnetu, 3 – ložisko, 4 – kotva se zdvihátkem, 5 – vinutí s tělesem cívky, 6 – těleso, 7 – podložka zbytkového vzduchu, 8 – jádro elektromagnetu, 9 – o-kroužek, 10 – píst s řídicími výřezy, 11 – pružina, 12 – pojistný prvek) [1]

RADIÁLNÍ PÍSTOVÉ ČERPADLO CP3

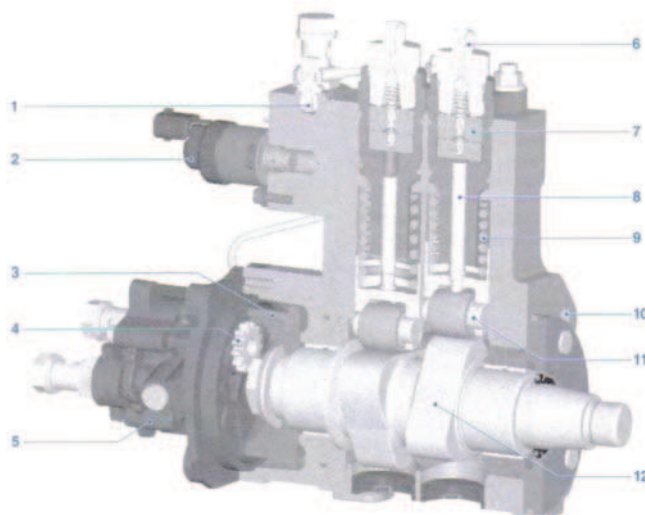
Změna oproti předcházejícím čerpadlům je, že tělo čerpadla je tvořeno jedním odlitkem, což snižuje počet těsnících míst. Další změnou je umístění zdvihátka mezi píst a těleso skříně a tím dosažení tlaku až 1800 bar. U těžkých nákladních vozidel je mazání prováděno olejem a další zajímavostí je umístění palivového filtru na výtlačné straně.



Obr. 31 Vysokotlaké čerpadlo CP3 [11]

RADIÁLNÍ PÍSTOVÉ ČERPADLO CP2

Toto olejem mazané čerpadlo se používá pouze u nákladních vozidel. „Jedná se o dvoupístové čerpadlo v řadovém provedení, tzn., že oba písty čerpadla jsou vedle sebe. Na prodloužení vačkového hřídele se nachází předřadné zubové čerpadlo s pohonem s převodem do rychla, které nasává palivo z nádrže a přivádí jej k jemnému filtru“. [1]



Obr. 32 Vysokotlaké čerpadlo CP2 (1 – Škrceň nulového množství, 2 – dávkovací jednotka, 3 – duté kolo, 4 – pastorek, 5 – podávací zubové čerpadlo, 6 – vysokotlaká přípojka, 7 – dvojdílný vstupní/výstupní ventil, 8 – potažený píst, 9 – pružina pístu, 10 – otvor pro přívod oleje, 11 – potažené válečky, 12 – konkávní vačka) [1]

RADIÁLNÍ PÍSTOVÉ ČERPADLO CP4

Dosahuje tlaku 2000 bar, používá se u osobních i užitkových automobilů a je mazáno pomocí paliva. Konstrukční změna spočívá v tom, že hnací hřídel i vaček se otáčejí v poměru 1:1.



Obr. 33 Vysokotlaké čerpadlo CP4 [12]

RADIÁLNÍ PÍSTOVÉ ČERPADLO CP5

Je určeno pro těžká užitková a mimosilniční vozidla, pracovní tlak je 2000 až 2500 bar.



Obr. 34 Vysokotlaké čerpadlo CP5 [13]



4 PŘEDNÍ VÝROBCI UŽITKOVÝCH AUTOMOBILŮ

4.1 DAF

Tento Nizozemský výrobce patří k největším výrobcům užitkových automobilů v Evropě, má 16% podíl na trhu prodeje nových užitkových vozidel. Produkce těchto vozidel se dělí na tři modelové řady. Rozvážková vozidla, tzv. lehká řada označená LF s tonáží od šesti do osmnácti tun, vybavená motory PACCAR FR a GR. Pro regionální a dálkovou dopravu od osmnácti do čtyřiceti tun je určena řada CF. Tyto vozidla mají motory PACCAR FR, GR a MX. Pod označením XF 105 se skrývá model pro mezinárodní dálkovou přepravu s celkovou hmotností padesát tun.

Tab. 1 Motory Daf [14][15]

název motoru: PACCAR FR	název motoru: PACCAR GR
počet válců: 4	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 103, 118, 136, 152	výkonové varianty (kW): 165, 184, 210, 220
vstřikování: Common Rail	vstřikování: Common Rail
emisní norma: EURO 5	emisní norma: EURO 5

Tab. 2 Motory Daf [14][15]

název motoru: PACCAR PR	název motoru: PACCAR MX
počet válců: 6	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 183, 228, 265	výkonové varianty (kW): 265, 300, 340, 375
vstřikování: sdružený vstřikovač + EDC	vstřikování: sdružený vstřikovač + EDC
emisní norma: EURO 5	emisní norma: EURO 5

Na podzim roku 2013 bude zahájena výroba nového motoru MX-11 splňující emisní normu Euro 6. Tento motor bude osazen vstřikovacím systémem Common Rail s dosahovaným výkonem 290 až 440 koňských sil a bude určen pro modelové řady CF a XF.

4.2 IVECO

Italská automobilka Iveco vyrábí rovněž tři modelové řady. První řadou pro 6,5 až 18 tun jsou vozidla Eurocargo osazené motory Tector. Tyto motory jsou dodávány i do autobusů Irisbus Iveco. Vozidla pro dálkovou přepravu s tonáží od osmnácti do čtyřiceti tun nesou označení Stralis a jsou vybaveny motory Cursor. Do náročných terénních podmínek jsou určeny vozy Trakker rovněž s motory Cursor.

**Tab. 3** Motory Iveco [16][17]

název motoru: Tector 4	název motoru: Tector 6
počet válců: 4	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 103, 118, 130, 134	výkonové varianty (kW): 103, 118, 136, 152
vstřikování: Common Rail	vstřikování: Common Rail
emisní norma: EURO 5	emisní norma: EURO 5

Tab. 4 Motory Iveco [16][17]

název motoru: Tector 8	název motoru: Tector 13
počet válců: 4	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 103, 118, 130	výkonové varianty (kW): 160, 185, 205, 220
vstřikování: Common Rail	vstřikování: Common Rail
emisní norma: EURO 5	emisní norma: EURO 5

Tab. 5 Motory Iveco [16][17]

název motoru: Cursor 8	název motoru: Cursor 10
počet válců: 6	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 228, 243, 265	výkonové varianty (kW): 310, 331
vstřikování: sdružené vstřikovače + EDC	vstřikování: sdružené vstřikovače + EDC
emisní norma: EURO 5	emisní norma: EURO 5

Tab. 6 Motory Iveco [16][17]

název motoru: Cursor 13
počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 368, 412
vstřikování: sdružené vstřikovače + EDC
emisní norma: EURO 5

4.3 MAN

Tato německá automobilka nabízí své užitkové automobily ve čtyřech řadách. Označení TGL nesou nejmenší vozidla s tonáží 7 až 12 tun pro regionální rozvážku s motory D08. Střední řady označené TGM a TGS nabízí výběr ze tří řad motorů D08, D20 a D26 každý o několika výkonech. Nejtěžší vozidla s celkovou hmotností nad 40 tun spadají do řady TGX. Tyto vozidla mají agregáty D20, D26 a nově i nejsilnější sériově vyráběný osmiválcový motor D28.

**Tab. 7** Motory Man [16][17]

název motoru: D08	název motoru: D08
počet válců: 4	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 110, 132, 164	výkonové varianty (kW): 184, 213, 250
vstřikování: Common Rail	vstřikování: Common Rail
emisní norma: EURO 6	emisní norma: EURO 6

Tab. 8 Motory Man [16][17]

název motoru: D20	název motoru: D26
počet válců: 6	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 235, 256, 294, 324	výkonové varianty (kW): 353, 397
vstřikování: Common Rail	vstřikování: Common Rail
emisní norma: EURO 6	emisní norma: EURO 6

Tab. 9 Motory Man [16][17]

název motoru: D28
počet válců: 8
výkonové varianty (kW): 500
vstřikování: Common Rail
emisní norma: EURO 5

4.4 MERCEDES – BENZ

Jedná se o německou automobilku vyrábějící osobní i užitkové automobily a autobusy. Řada nejmenší rozvážkových automobilů nese označení Atego a je určena pro tonáž 6 až 16 tun s motory OM 934 a OM 936. Střední řada Axor pro regionální a dálkovou dopravu je osazena motory OM 906, OM 926 a OM 457. Pro nejtěžší řadu užitkových automobilů Actros a Arocs jsou určeny motory OM 457, OM 471, OM 936. Motory, u kterých je vstřikování řešeno pomocí sdružených vstřikovačů jsou řízeny elektronickým systémem Telligent.

Tab. 20 Motory Mercedes-Benz [16][17]

název motoru: OM 934	název motoru: OM 936
počet válců: 4	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 115, 130, 155, 170	výkonové varianty (kW): 175, 200, 220, 235
vstřikování: Common Rail	vstřikování: Common Rail
emisní norma: EURO 6	emisní norma: EURO 6

**Tab. 31** Motory Mercedes- Benz [16][17]

název motoru: OM 906	název motoru: OM 926
počet válců: 6	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 175, 188, 210	výkonové varianty (kW): 240
vstřikování: sdruž. vstřik. + systém Telligent	vstřikování: sdruž. vstřik. + systém Telligent
emisní norma: EURO 5	emisní norma: EURO 5

Tab. 42 Motory Mercedes- Benz [16][17]

název motoru: OM 470	název motoru: OM 471
počet válců: 6	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 240, 265, 290, 315	výkonové varianty (kW): 310, 330, 350, 375
vstřikování: Common Rail	vstřikování: Common Rail
emisní norma: EURO 6	emisní norma: EURO 6

Tab. 53 Motory Mercedes- Benz [16][17]

název motoru: OM 473	název motoru: OM 457
počet válců: 6	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 175, 380, 425, 460	výkonové varianty (kW): 265, 295, 315
vstřikování: Common Rail	vstřikování: sdruž. vstřik. + systém Telligent
emisní norma: EURO 6	emisní norma: EURO 5

Tab. 64 Motory Mercedes- Benz [16][17]

název motoru: OM 501	název motoru: OM 502
počet válců: 6	počet válců: 8
výkonové varianty (kW): 235, 265, 320, 350	výkonové varianty (kW): 375, 405, 440
vstřikování: sdruž. vstřik. + systém Telligent	vstřikování: sdruž. vstřik. + systém Telligent
emisní norma: EURO 4/5	emisní norma: EURO 4/5

4.5 RENAULT

Francouzská automobilka Renault Trucks vyrábí 4 řady motorů, každý v několika výkonových variantách a právě v roce 2013 k její kompletní obměně splňující emisní normu Euro 6. Nejmenší řadě užitkových automobilů Midlum jsou je přiřazeny motory DTI5. Pro tato vozidla, ale i pro těžší vozidla Premium Distribution jsou určeny motory DTI7. Třetí



řadou motorů pro středně těžké až těžké automobily jsou motory DTI11. A čtvrtá řada, určená pro Renault Magnum má označení DTI13.

Tab. 75 Motory Renault [16][17]

název motoru: DTI5	název motoru: DTI8
počet válců: 4	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 155, 175	výkonové varianty (kW): 185, 205, 235
vstřikování: Common Rail	vstřikování: Common Rail
emisní norma: EURO 6	emisní norma: EURO 6

Tab. 86 Motory Renault [16][17]

název motoru: DTI11	název motoru: DTI13
počet válců: 6	počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 280, 315, 340	výkonové varianty (kW): 325, 355, 385
vstřikování: Common Rail	vstřikování: sdružené vstřikovače + EDC
emisní norma: EURO 6	emisní norma: EURO 4/5

4.6 SCANIA

Tento švédský výrobce pouze těžkých užitkových automobilů jako první uvedl modelovou řadu motorů splňující Euro 6, a to v roce 2011. Nejmenší vozidla s tonáží začínající na osmnácti tunách, další řadou jsou vozidla pro dálkovou přepravu, pro stavebnictví a poslední řada jsou nákladní vozidla pro speciální použití, jako jsou požární vozidla, vyprošťovací vozidla, vozidla pro svoz odpadu nebo jako letištní podpora. Nejmenším motorem je agregát nesoucí označení DC9 se vstřikováním Scania PDE. Jedná se o systém, kdy každý vstřikovač má zabudované vysokotlaké čerpadlo, které je ovládáno samostatně. Pro dosažení normy Euro 5 slouží motory se vstřikováním XPI. Jedná se o extra vysokotlaké vstřikování společnosti Scania umožňující až tři vstřiky paliva. Motory DC12 jsou vybaveny vstřikováním HPI. Toto vysokotlaké vstřikování neustále upravuje optimální dávku paliva měnícím se objemem vstříknutého paliva a načasováním vstřiku.

Tab. 97 Motory Scania [16][17]

název motoru: DC 9	název motoru: DC 12
počet válců: 5	počet válců:
výkonové varianty (kW): 169, 206, 235	výkonové varianty (kW): 280, 309
vstřikování: Scania XPI	vstřikování: Scania HPI
emisní norma: EURO 5	emisní norma: EURO 5

**Tab. 108** Motory Scania [16][17]

název motoru: DC 13	název motoru: DC 16
počet válců: 5	počet válců: 8
výkonové varianty (kW): 265, 294, 324, 353	výkonové varianty (kW): 368, 412, 456, 537
vstřikování: Scania XPI	vstřikování: Scania XPI
emisní norma: EURO 5	emisní norma: EURO 5

Tab. 119 Motory Scania [16][17]

název motoru: DC 13
počet válců: 6
výkonové varianty (kW): 324, 353
vstřikování: Scania XPI
emisní norma: EURO 6



5 BUDOUCÍ ROZVOJ VSTŘIKOVÁNÍ PALIVA

I přesto, že systémy se sdruženými vstřikovači se dokáží vyrovnat systému Common Rail co se týče vstřikovacích tlaků, tak vývoj v této oblasti směřuje k systému Common Rail. Tím, že se tímto systémem zabývají i firmy jako Delphi, Denso či Siemens-VDO to jen dokazuje. Konkurence bude mít pozitivní vliv na pořizovací náklady a s větší „vědeckou“ základnou se budeme moci těšit na ještě účinnější a šetrnější spalovací motory.

Další otázkou je legislativa. Jednotlivé automobily ať osobní nebo užitkové jsou zařazeny do určité kategorie. Každá taková kategorie má emisní normu, která určuje maximální povolené limity znečišťujících látek ve výfukových plynech. Dále tato norma pamatuje i na nová vozidla a to tím, že při zavádění do prodeje musí splňovat určité nároky. Doposud je v platnosti norma plnění emisí Euro 5 a od roku 2014 to bude již Euro 6 v segmentu užitkových vozidel. Vyhovět těmto přísným legislativním požadavkům není snadné, jelikož to jsou určitým způsobem protichůdné nároky. Čím více totiž snížíme produkci NO_x , tím více nám stoupnou hodnoty pevných částic. Dalším nelehkým úkolem je snižování obsahu CO_2 , což můžeme zjednodušeně řečeno provést snížením spotřeby, ale to nesmí být na úkor snížení výkonu motoru.

Ke snižování produkovaných škodlivin obsažených ve výfukových plynech by přispěla alternativní paliva. Bohužel systém Common kvůli své přesnosti a preciznosti je velmi náchylný na sebemenší nečistoty v palivu v podobě kapiček vody, benzinu nebo rostlinných olejů. Ty tvoří lepkavé a karbonové usazeniny. A to je nežádoucí. V úvahu připadají paliva jako bionafta, která má původ v olejninách konkrétně v řepce olejce. Další variantou paliva je rostlinný olej z řepky olejky. Jeho nevýhodou je možnost spalování jen za určitých podmínek v upravených motorech a nesplnění podmínek Euro 4.

Mezi škodliviny řadíme oxid uhelnatý, oxidy dusíku NO_x , (oxid dusnatý NO , dusičitý NO_2 , dusný N_2O) nespálené uhlovodíky C_mH_n , oxid siřičitý SO_2 , halogenidy olova Pb a pevné částice. Největší pozornost se věnuje emisím CO , NO_x , C_mH_n , u vznětových motorů navíc tvorbě pevných částic.



ZÁVĚR

V této práci jsem se zprvu zabýval popsáním jednotlivých součástí pro dobrou představu o jejich funkci této složité části motoru, kterou je vstřikování paliva a na které do značné míry závisí vlastnosti motoru, nejen užitkových vozidel, tolik vyhledávaných lidmi jako jsou výkon motoru, jeho spotřeba paliva a také množství produkovaných škodlivin. Dále jsem uvedl postupný vývoj ve vstřikování od řadových čerpadel dosahujících v dnešní době směšných tlaků pracujících s pouze mechanickými částmi, přes dva systémy sdružených vstřikovačů a uvedením jejich výhod a odlišných konstrukčních řešení. Za výhody se dá považovat dosažení vstřikovacích tlaků srovnatelných s dnešními standardy. Jejich nevýhodou byl ještě poměrně dost hrubý a nekultivovaný chod. Doslova revolučním se stal vstřikovací systém Common Rail na kterém se podílelo několik vynálezců a společností, až firma Bosch ho dotáhla do sériové výroby. Ze začátku jen u osobních, ale časem i u užitkových automobilů. Common Rail systém nechal daleko za sebou konvenční systémy díky dosahovaným tlakům, spotřebou paliva, kultivovaností chodu motoru a plněním emisních norem. Na tomto systému jsem shledal snad jednu menší výhodu, kdy musí vysokotlaké čerpadlo dopravovat palivo do zásobníku a to ubírá na výkonu motoru. Z následného přehledu předních výrobců užitkových automobilů lze vyčíst, že systém Common Rail se pomalu, ale jistě dostává do této kategorie vozidel. Takovýmto průkopníkem je automobilka Man a to rovnou s nejsilnějším sériovým nákladním vozem Man TGX 680 s motorem osazeným vstřikovacím systémem Common Rail. I přesto, že v určitém množství případů – hlavně u velkoobjemových motorů se můžeme stále ještě setkat se vstřikováním pomocí sdružených vstřikovačů si systém Common Rail čím dál více upevňuje přední pozici mezi vstřikovacími systémy používaných u užitkových automobilů.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] BOSCH Automobilová technika. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. Žlutá řada. Praha 4: Robert Bosch odbytová s.r.o., 2005. 93 s. ISBN-80-903132-7-2.
- [2] BAUER, František, et al. *Traktory*. 1. vyd. Praha : Profi Press, 2006. 192 s.
- [3] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2003. 580s.
- [4] JAN Z., ŽDÁNSKÝ B. : *Automobily 4: Příslušenství*. 1. vyd. Brno, 2003. ISBN- 978-80-87143-16-2
- [5] RAUSCHER, J. *Vozidlové motory* [online studijní opory], [cit. 2013-01-23].
- [6] REIF, K. *Moderne Diesel-Einspritzsysteme : Common Rail und Einzelzylindersysteme*. 1. Auflage. Berlin : MercedesDruck, 2010. 172 S. ISBN 978-3-8348-1312-1.
- [7] *Motorpal* [online]. [cit. 2013-04-08].
Dostupné z: <http://www.motorpal.cz/media/pdf/epp_cz.pdf>.
- [8] *Trucksplanet* [online]. [cit. 2013-05-20].
Dostupné z: <<http://www.trucksplanet.com/catalog/model.php?id=628>>.
- [9] Dieselservis-pardubice. [online]. [cit. 2013-05-20].
Dostupné z: <http://www.dieselservis-pardubice.cz/images/bosch_pump.jpg>.
- [10] Commonwealth Diesel [online] . [cit. 2013-05-20].
Dostupné z:
<https://www.commonwealthdiesel.com/index.php?main_page=popup_image&pID=141&zenid=biip6ei20osiho80d4eqmjrap4>.
- [11] *Cummins Forum* [online]. [cit. 2013-05-01]
Dostupné z: <<http://www.cumminsforum.com/forum/>>.
- [12] *Autopříslušenství prvovýbava: Třetí generace Common Rail od Bosche*. In Bosch. [online]. 2003 [cit. 2013-05-01]
Dostupné z : <http://www.bosch.cz/press/detail.asp?f_id=286>.
- [13] *Bosch Media Service* [online]. [cit. 2013-05-01]
Dostupné z: <<http://www.bosch-presse.de/presseforum/>>.



- [14] *Daf* [online]. [cit. 2013-05-01]
Dostupné z: <<http://www.daf.eu/CZ/News-Media/News/Pages/PACCAR-MX-11-engine-offers-maximum-performance-and-efficiency.aspx>>.
- [15] *Duftrucktrade* [online]. [cit. 2013-05-03]
Dostupné z: <<http://www.dafrucktrade.cz/daf-euro-6-lf-cf/>>.
- [16] *Iveco* [online]. [cit. 2013-05-03]
Dostupné z: <http://web.iveco.com/czech/produkty/pages/stralis_modelova_rada.aspx>.
- [17] *Ivecomoravia* [online]. [cit. 2013-05-03]
Dostupné z: <<http://www.ivecomoravia.cz/eurocargo-motory>>.
- [18] *Mantruckandbus* [online]. [cit. 2013-05-02]
Dostupné z: <
http://www.mantruckandbus.cz/cz/n_kladn__automobily/p_ehled__ad/baureihenuebersicht.html>.
- [19] *Dopravní noviny* [online]. [cit. 2013-05-02]
Dostupné z: <<http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/man-predstavil-nove-modely-a-motory-euro-6>>.
- [20] *Mercedes-Benz* [online]. [cit. 2013-05-06]
Dostupné z: <http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/home_mpc/trucks_.flash.skipintro.html#_int_passengercars:home:product-worlds:trucks_>>.
- [21] *Dopravní noviny* [online]. [cit. 2013-05-02]
Dostupné z: <<http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/mercedes-predstavil-nove-atego-s-motory-euro-6>>.
- [22] *Renault-trucks* [online]. [cit. 2013-05-02]
Dostupné z: <<http://www.renault-trucks.cz/magnum/technicky-portret-magnum.html>>.
- [23] *Kamionaci* [online]. [cit. 2013-05-06]
Dostupné z: <<http://kamionaci.cz/nezarazene/nove-motory-euro-6-od-renaultu>>.
- [24] *Scania* [online]. [cit. 2013-05-15]
Dostupné z: <<http://www.scania.cz/trucks/main-components/engines/>>.
- [25] *Auto* [online]. [cit. 2013-05-15]
Dostupné z: <<http://www.auto.cz/scania-prvni-motory-splnujici-euro-6-57711>>.